

# Hazard Perception -menetelmään perustuvan Ajoarvio -testin kehittäminen ja testaaminen suomalaisessa liikenneympäristössä

Maija Liisa Pauliina Kankaanpää  
Pro Gradu -tutkielma  
Psykologia  
Lääketieteellinen tiedekunta  
Huhtikuu 2019  
Ohjaaja: Kaisa Tiippana

Tiedekunta - Fakultet - Faculty <b>Lääketieteellinen</b>		Laitos - Institution - Department <b>Psykologia</b>	
Tekijä - Författare - Author <b>Maija Kankaanpää</b>			
Työn nimi - Arbetets titel <b>Hazard Perception-menetelmään perustuvan Ajoarvio-testin kehittäminen ja testaaminen suomalaisessa liikenneympäristössä</b>			
Title			
Oppiaine - Läroämne - Subject <b>Psykologia</b>			
Työn laji/ Ohjaaja - Arbetets art/Handledare - Level/Instructor <b>Pro gradu -tutkielma / Kaisa Tiippana</b>		Aika - Datum - Month and year <b>4/2019</b>	Sivumäärä - Sidoantal - Number of pages <b>47</b>
<p>Tiivistelmä - Referat - Abstract</p> <p><i>Tavoite: Turvallinen liikenteessä liikkuminen edellyttää kuljettajalta useita kognitiivisia kykyjä, joista oleellisessa roolissa ovat riskien havaitseminen, tunnistaminen ja ennakoiminen. Ongelmia riskien havaitsemisessa on erityisesti kokemattomilla kuljettajilla, mutta myös ikääntyminen ja sairastuminen saattavat heikentää ihmisen aisteja ja toimintoja. Tämä vaikuttaa henkilön riskien havaitsemiseen ja heikentää hänen kykyään liikkua turvallisesti liikenteessä. Kuljettajan ajokyvyn heikkeneminen on kuitenkin haastavaa todeta. Yksinkertainen ajokyvyn arviointimenetelmä olisi suureksi avuksi ajokyvyn ongelmien havaitsemisessa.</i></p> <p><i>Menetelmät: Tätä työtä varten toteutettiin suomalaiseen liikennekulttuurin soveltuva Hazard Perception -menetelmään perustuva Ajoarvio -niminen testi, jonka avulla oletettiin olevan mahdollista erotella koehenkilöiden kykyä havaita riskitilanteita liikenteessä. Ajoarvio -testi on tietokoneavusteinen ohjelma, jossa koehenkilölle esitetään videoita todellisista liikennetilanteista. Videoilla esiintyy jokin tekijä, joka aiheuttaa vaaraa itselleen tai muille. Seassa on myös videoita, joissa vaaraa ei esiinny. Koehenkilön tulee reagoida havaitessaan vaaraa aiheuttavan tekijän painamalla hiiren näppäintä.</i></p> <p><i>Tutkimukseen osallistui 62 koehenkilöä, iältään 18-68 vuotta.</i></p> <p><i>Tulokset: Tutkimuksen mukaan testi kykeni erottelemaan koehenkilöitä ja ajokokemus paransi testisuoriutumista tilastollisesti merkitsevästi. Iän ja koepistemäärän välillä havaittiin myös tilastollisesti merkitsevä negatiivinen korrelaatio. Ajokokemus siis paransi suoritusta, mutta ikääntyminen heikensi sitä. Testivideoissa havaittiin myös videoihin liittyvä rakenne, jonka mukaan videoiden tulkittiin keskittyvän kolmeen osa-alueeseen: 1. reaktio- ja prosessointinopeus, 2. tarkkaavaisuus ja tilannetietoisuus ja 3. ennakointi ja dynaaminen näkö.</i></p> <p><i>Johtopäätökset: Tutkimuksen mukaan testin avulla voidaan havaita eroavaisuuksia koehenkilöiden kyvyssä havaita riskitilanteita liikenteessä.</i></p>			
Avainsanat - Nyckelord <b>kognitiiviset prosessit, ajokognitio, ajokyvyn arviointi, riskien havaitseminen</b>			
Keywords			
Säilytyspaikka - Förvaringsställe - Where deposited <b>Helsingin yliopiston kirjasto</b>			
Muita tietoja - Övriga uppgifter - Additional information			

Tiedekunta - Fakultet - Faculty <b>Medicine</b>		Laitos - Institution - Department <b>Psychology</b>	
Tekijä - Författare - Author <b>Maija Kankaanpää</b>			
Työn nimi - Arbetets titel <b>Testing and developing of Hazard Perception method based test called Ajoarvio in the Finnish transport culture</b>			
Title			
Oppiaine - Läroämne - Subject <b>psychology</b>			
Työn laji/ Ohjaaja - Arbetets art/Handledare - Level/Instructor <b>Master's Thesis / Kaisa Tiippana</b>		Aika - Datum - Month and year <b>April 2019</b>	Sivumäärä - Sidoantal - Number of pages <b>47</b>
<p>Tiivistelmä - Referat - Abstract</p> <p><i>Objective: Safe driving requires several cognitive skills from the driver, the main role of which is to detect, identify and predict risks. Especially inexperienced drivers have problems while identifying risks, but also aging and illness can weaken human feelings and functions. This affects the person's risk perception and impairs the ability to move safely in traffic. However, it is a challenge to spot the deterioration of the driver's driving ability. A simple method for estimating the driving ability will be a great support in detecting problems related to driving ability.</i></p> <p><i>Methods: In this study conducted on Hazard Perception method based test called Ajoarvio, which fits to the Finnish transport culture. The test implied the ability to detect risk situations in traffic. The Ajoarvio -test is a computer-assisted program that shows videos about real driving situations. These videos contain an event that represents potential danger to participants or others. There are also videos where there is no danger. The person should react when he/she detects a risk by clicking on the mouse button. The study included 62 people aged 18 - 68.</i></p> <p><i>Results: According to the study, the test was able to distinguish the subjects, and the testing experience significantly improved the results. Negative correlation was also observed between age and test result. So the driving experience improved performance, but ageing may weaken it. The test videos also demonstrated a structure related to the videos, where the videos were interpreted as focusing on three areas: 1. reaction and handling speed; 2. vigilance and situational awareness; and, 3. prediction and dynamic vision.</i></p> <p><i>Conclusions: The study shows that the test can detect discrepancies in the ability of the subjects to detect risks in traffic</i></p>			
Avainsanat - Nyckelord			
Keywords <b>cognitive processes, cognition and driving, evaluation driving ability, hazard perception</b>			
Säilytyspaikka - Förvaringsställe - Where deposited <b>University of Helsinki Library</b>			
Muita tietoja - Övriga uppgifter - Additional information			

## Sisällys

1 Johdanto .....	1
1.1 Ajaminen ja kognitiiviset toiminnot .....	1
1.2 Ajokyvyn mittaaminen.....	2
1.3 Hazard perception -menetelmä .....	2
1.3.1 Historiaa.....	4
1.3.2 Haasteet.....	5
1.3.3 Edut.....	7
1.4 HP -menetelmään perustuvan testin kehitys .....	9
1.4.1 Videoiden määrä ja tyyppi.....	10
1.4.2 HP -menetelmään perustuvien testien asetelmat .....	10
1.5 Tutkimuksen tarkoitus ja hypoteesit .....	11
2. Menetelmät.....	13
2.1 Ajoarvio -testin kehitys.....	13
2.2 Videoiden valinta .....	13
2.3 Riskitekijän ja aikaikkunan määrittely .....	17
2.4 Riskittömät videot .....	20
2.5 Testivideoiden jakautumien aihealueittain .....	20
2.6 Ajoarvio -testi käytännössä .....	21
2.6.1 Koehenkilöt.....	21
2.6.2 Laitteisto .....	22
2.6.3 Kokeen kulku .....	22
2.7 Tulosanalyysi.....	23
2.7.1 Datat analysointi .....	24
3. Tulokset .....	25
3.1 Kokonaispisteiden määrä .....	25
3.2 Virheiden määrä videoilla.....	29
3.2.1 Liittyminen.....	30
3.2.2 Ohittaminen.....	33
3.2.3 Hirvi.....	34
3.2.4 Kohtaaminen .....	34
3.2.5 Jalankulkija.....	35
3.3 Testivideoiden psykometrinen rakenne .....	38

3.4	Vastauserkkyys ja vaaratekijän määrittäminen.....	40
4.	Pohdinta .....	42
4.1	Videokohtainen tarkastelu .....	42
4.1.1	Vaarattomat videot .....	44
4.1.2	Vastauserkkyys .....	44
4.1.3	Testivideoiden rakenne .....	44
4.2	Jatkosuunnitelmat .....	46
4.3	Yhteenveto .....	47

# 1 Johdanto

## 1.1 Ajaminen ja kognitiiviset toiminnot

Liikenteessä liikkuminen kuuluu lähes jokaisen arkielämään. Se vaikuttaa ihmisen itsenäisyyteen, identiteettiin ja vapauteen (Brown, Stern, Cahn-Weiner & Rogers, 2005). Turvallinen liikenteessä liikkuminen edellyttää kognitiivista prosessointia, erityisesti havaitsemista ja tarkkaavaisuutta. Nämä toimivat ihmisaivoissa parhaiten nopeudessa, joka voidaan saavuttaa ihmiskehon omin voimin. Tästä syystä kognitiivisen prosessoinnin merkitys korostuu liikuttaessa nopeuksissa, jotka voidaan saavuttaa ajoneuvon avulla (Akila & Müller, 2002). Autolla ajaminen on osa länsimaista kulttuuria ja vaikuttaa elämään useilla sen osa-alueilla. Ajaminen liitetään usein yhteiskunnalliseen asemaan, pystyvyyteen, työllistymiseen ja moneen muuhun elämän osa-alueeseen. Toisaalta autolla ajaminen saattaa johtaa vaaratilanteisiin, loukkaantumisiin ja jopa kuoleman riskiin (Patomella, Tham, Johansson & Kottorp, 2010). Autolla liikenteessä liikuttaessa turvallisuuden merkitys korostuu, koska auton nopeus ja koko ylittävät ihmiskehon itsenäisesti saavuttamat ulottuvuudet. Kuitenkin auton liikkeet määrittää ihminen ja inhimillisillä tekijöillä on merkittävä rooli onnettomuuksien synnyssä. Onnettomuuksien taustalla vaikuttavat keskeisimmin havainnointiin, ennakkointiin ja ratkaisujen tekoon liittyvät virheet (Aslaksena ym., 2013). Näin ollen voidaan ajatella, että nämä tekijät ovat edellytyksenä henkilön turvalliselle toiminnalle liikenteessä.

Kyky havaita ja tunnistaa riskitekijöitä liikenteessä madaltaa huomattavasti henkilön riskiä joutua onnettomuuteen. Riskien tunnistamisen ja ennakkointivirheiden yhteys onnettomuuksiin onkin ollut tiedossa jo pitkään (Grayson & Sexton, 2002). Riskien havaitsemisen mahdollistaa näkökyky, mutta ennakkoinnin taito kehittyy kokemuksen myötä.

Näön perustoimintojen ja onnettomuusriskien välillä on tutkimuksissa todettu selkeä yhteys. Erityisesti rajoitukset näkökentässä kasvattavat kuljettajan riskiä joutua onnettomuuteen (Owsley, 2011). Riskien havaitsemisessa oleellisessa asemassa on näön dynaaminen toiminta, jolloin näkökenttä elää ympäristön mukana ja mukautuu ympäristön muutoksiin. Tämä korostuu liikenteessä, koska havaitsija itse ja havaittavat kohteet ovat liikkeessä (Mäntyjärvi 2002a).

Näköhavainto johtaa toimintaan ja usein ajatellaankin, että tämän ”reitin” nopeus eli reaktiokyky on oleellisessa asemassa liikenteessä toimiessa. Reaktiokykyä vähättelemättä tutkimuksissa on kuitenkin todettu, että toiminnan oikeellisuus on nopeutta tärkeämpää liikenteessä turvallisen liikkumisen kannalta (Rajalin & Keskinen, 2002).

Vaarojen havaitseminen vaatii erityisesti näkökykyä, mutta kokonaisuudessaan se on kognitiivinen prosessi, joka kehittyy kokemuksen myötä. Se on liitetty myös tilannetietoisuuden käsitteeseen (situational awareness), jota mahdollistaa kokonaisuuksien hahmottamisen liikennetilanteissa (Horswill & McKenna, 2004).

## 1.2 Ajokyvyn mittaaminen

Jotta turvalliset kuljettajat saisivat liikkua liikenteessä, luottaen muidenkin tienkäyttäjien turvallisuuteen, ja heikentyneen ajokyvyn omaavat kuljettajat saataisiin pois liikenteestä, tulisi ajokykyä voida mitata yksinkertaisella menetelmällä, jonka avulla heikentynyt ajokyky olisi havaittavissa (Patomella, 2008). Ajokyky on kuitenkin hierarkkinen kokonaisuus ja sen mittaaminen yksittäisillä testeillä on hankalaa. Parhaiten ajokykyä voidaan arvioida oikealla ajokokeella ja myös simulaattorien avulla on saatu hyviä tuloksia (Patomella ym., 2010). Puhuttaessa kognitiivisista testeistä, joilla pyritään arvioimaan ajokykyä, on todettu, että työkalut, jotka sisältävät kognitiivisia taitoja mittaavia tehtäviä, kuten visuaalista selektiivistä huomiota, kuvion tunnistusta, liikennetilanteiden ennakointia ja reaktioaikaa, ovat informatiivisempia kuin yleiset neuropsykologiset testit (Anstey ym., 2017). Näillä työkaluilla on suurempi ekologinen pätevyys, arvioidessaan taitoja, jotka ovat selkeästi ajoturvallisuuden kannalta merkityksellisiä ja jotka on validoitu käytännön ajamiseen.

## 1.3 Hazard perception -menetelmä

Havaitseminen ja tarkkaavaisuus luovat pohjan ennakkoinnille ja päätöksenteolle, jotka taas mahdollistavat riskitilanteiden tunnistamisen liikenteessä. Riskien tunnistamisesta on käytetty englanninkielistä nimitystä hazard perception, jolla viitataan kuljettajan taitoon ja kykyyn

havainnoida ja ennakoida liikenneympäristöä ja sen vaaroja siten, että hän pystyisi välttämään onnettomuudet.

Viime aikoina on kehitetty menetelmää, jolla kyettäisiin mittaamaan kuljettajan kykyä havaita liikenteen riskitilanteita. Menetelmästä käytetään myös nimitystä Hazard perception (myöhemmin HP). Hazard Perception -menetelmässä hyödynnetään tietokoneavusteista ohjelmaa, jossa koehenkilölle esitetään tietokoneen näytöltä videoita todellisista liikennetilanteista. Videon edetessä siinä esiintyy useimmiten jokin tekijä, joka aiheuttaa vaaraa itselleen tai muille. Tämän havaitessaan koehenkilön tulee ilmoittaa havainnostaan painamalla esimerkiksi jotain nappia. Koehenkilön tulee siis tunnistaa liikenteen kannalta oleellisia riskitekijöitä ja ennakoida niitä. Testissä esitetään useita videoita, joista riskejä tulee havainnoida. Tämän jälkeen tutkitaan, havaitsiko koehenkilö videoissa esiintyneet riskit ja milloin hän teki havainnot (Preece, Horswill & Geffen, 2010). Menetelmä perustuu siis liikkuvan kuvan seuraamiseen ja sen avulla kyetään mittaamaan useita liikenteeseen liittyviä osa-alueita, kuten ennakkointia, tarkkaavaisuutta, reaktio- ja prosessointinopeutta, visuaalista hahmotuskykyä, dynaamista näköä ja huomion kohdentamista (Scialfa, Pereverseff & Borkenhagen, 2014). Kuvassa 1 on näkymä virtuaalisesti toteutetusta Hazard Perception -menetelmään perustuvasta testistä. Kuvassa 2 on näkymä todellisiin liikennetilanteisiin pohjautuvilla videoilla toteutetusta Hazard Perception -menetelmään perustuvasta testistä.



Kuva 1. Näkymä virtuaalisesti toteutetussa Hazard Perception -menetelmään perustuvasta testistä (Petzoldt ym. 2013).





*Kuva 2. Näkymä todellisiin liikennetilanteisiin pohjautuvilla videoilla toteutetusta Hazard Perception -menetelmään perustuvasta testistä.*

### 1.3.1 Historiaa

Riskien tunnistamisen merkitys liikenteessä on ollut tiedossa jo pitkään ja sitä alettiin tutkia jo 1960-luvulla. Yhdessä varhaisimmista tutkimuksista, Currie (1969) käytti sähköautorataa, jossa "kuljettajien" oli pyrittävä välttämään törmäyksiä muiden autojen kanssa. Tutkimuksen edetessä alettiin hyödyntämään todellisia ajokokeita, joissa arvioitsija istui kyydissä, tarkkaillen kuljettajan toimintaa.

Pelz ja Krupat (1974) näyttivät koehenkilöille videoita, joissa esiintyi yllättäviä vaaratilanteita. Koehenkilön tuli arvioida tilanteen vaarallisuutta liuttamalla vipua, jonka toisessa laidassa oli vaihtoehto "erittäin vaarallinen" ja toisessa laidassa vaihtoehto "ei ollenkaan vaarallinen". He havaitsivat, että koehenkilöt, jotka olivat olleet onnettomuudessa, vastasivat hitaammin kuin koehenkilöt, joilla ei ollut taustalla onnettomuuksia. Samoihin aikoihin vaarojen havaitsemisen määrittämiseen hyödynnettiin myös kysymyskaavakkeita kuljettajan subjektiivisen kokemuksen arvioimiseen riskeistä liikenteessä ja niiden havaitsemisesta ja tunnistamisesta (Soliday, 1975). Watts ja Quimby (1979) toistivat Pelzin ja Krupatin testin kehittämällä videon katseympäristöä niin, että koehenkilöt istuivat oikean auton rungossa katsellen videoita. Tutkijat havaitsivat, että nopeammin riskin havaitsivat pitivät riskiä kuitenkin pienempänä kuin hitaammin toimivat. He

havaitsevat myös, että vain muutamat yksittäiset videoiden tilanteet määriteltiin erittäin vaarallisiksi tai täysin vaarattomiksi. Tämän he uskoivat kertovan videoilla olleiden tilanteiden hankalasta tulkittavuudesta.

Finn ja Bragg (1986) näyttivät koehenkilöille kuvia ja videoita liikennetilanteista ja pyysivät heitä arvioimaan niiden riskialttiutta. Tutkijat havaitsivat jo tuolloin, että nuoret henkilöt kokivat tilanteet vähemmän vaarallisiksi kuin kokeneemmat kuljettajat. Endsley (1995) alkoi kehittämään tilannetietoisuuden arvioimiseen käytettävää menetelmää (situational awareness). Menetelmässä kuljettaja ajaa simulaattorilla mahdollisimman todellisessa liikenneympäristössä. Simulaattori pysähtyy tietyin väliajoin, jolloin sen ruudulle ilmestyy kysymyksiä menneistä liikennetilanteista, esimerkiksi esiintyikö ajon aikana kuljettajan mielestä vaaratilanteita ja jos, niin mitä?

Ensimmäinen Hazard Perception -menetelmään perustuvan testin nykymuotoa muistuttava riskien tunnistamiseen liittyvä tutkimus toteutettiin Englannissa McKennan ja Crickin (1994) toimesta. Tutkijat kouluttivat autokoulun oppilaita näyttämällä heille erilaisia riskitilanteita sisältäviä videoita ja vertasivat heidän ajotaitoaan ennen ja jälkeen koulutuksen. Tutkimuksessa hyödynnettiin myös kontrolliryhmää, jolle ei näytetty videoita. Tulokset osoittivat, että jopa riskitilanteiden katsominen videolta auttaa riskien tunnistamisessa ja ennakkoinnissa liikenteessä. Mills ym. (1998) toteuttivat vastaavan tutkimuksen, joka tuki McKennan ja Crickin tuloksia. He antoivat 200 nuorelle kuljettajalle koulutusta riskien ennakkointiin liikenteessä. Koulutus toteutettiin esittämällä nuorille videoita erilaisista liikenteen riskitilanteista. Tutkimuksen mukaan riskien ennakkoinnin koulutus lisää merkittävästi kuljettajien oikeisiin asioihin kohdistuvaa havainnointia. Näillä tutkimustuloksilla oli suuri merkitys Hazard Perception -menetelmään perustuvien testien kehityksen synnyssä (Grayson & Sexton, 2002).

### 1.3.2 Haasteet

Vaikka riskien havainnoinnin on todettu parantuvan riskitilanteita katsellessa, on ollut haastavaa saada riskien tunnistamista testin muotoon. Erityisen haastavaksi on osoittautunut erilaisten testiversioiden psykometriset ominaisuudet. Riskin havaitseminen ja ennakkointi on hyvin subjektiivinen kokemus, joten testin pisteyttäminen on ollut haastavaa. Testitilanne itsessään aiheuttaa joissakin henkilöissä ylivoimaisuutta, jolloin he merkitsevät riskin jo heti, kun jotakin

poikkeavaa havaitaan näkökentässä. Toisaalta taas osa henkilöistä odottaa viimeiseen asti riskin varmistumista. Tästä syystä ajankohta, jona riski tulisi havaita on jouduttu asettamaan laajaksi, koehenkilöiden toimintaa arvioitaessa (McKenna & Crick, 1994).

HP -menetelmään perustuvia testejä toteutetaan edelleen simulaattorilla (Mackenzie & Harris, 2015 ja Åbele, Haustein, Møller & Martinussen, 2018), pelkkien kuvien avulla (Underwood, Humphrey & van Loon, 2011) ja oikeaa ajotapahtumaa kuvaamalla (Li, Zheng, Wang, Kodaka & Li, 2017) toteutettavilla koeasetelmilla. Parhaaksi tavaksi havainnoida kuljettajan riskitekijöiden ja tilanteiden tunnistamista on todettu todelliset ajotilanteet erilaisissa liikenneympäristöissä. Sen on kuitenkin koettu olevan hyvin riskialtista niin arvioitsijalle kuin koehenkilölle itselleenkin (McKenna & Horswill, 1999). Myös simulaattorin käytössä on todettu hankaluuksia, koska totuutta vastaavan liikenneympäristön ja ajokokemuksen luominen on hankalaa ja simulaattoripahoinvoinnin myötä useat henkilöt ovat estyneet osallistumaan simulaattorilla toteutettuun kokeeseen (Bédard, Parkkari, Weaver, Riendeau & Dahlquist 2010). Simulaattorin käytön on myös todettu vaikuttavan riskien havaitsemiseen heikentävästi. Tämän on ajateltu johtuvan simulaattorin hallintalaitteiden epäluonnollisuudesta oikeaan ajoneuvoon verrattuna ja näin ollen sen on ajateltu häiritsevän keskittymistä (Mackenzie & Harris, 2015). Pelkkien kuvien avulla toteutettu HP -menetelmään perustuva testi on koettu myös epärelevantiksi, koska liikenteessä havainnoitavat kohteet ovat liikkeessä, jolloin havaintojen tekemiseen tarvitaan dynaamista näkökenttää, jota ei pelkkien kuvien avulla voida mitata (Mäntyjärvi, 2002a).

HP -menetelmään perustuvien testien haasteena on myös se, että siinä reaktioajalla ei ole ollenkaan niin suurta merkitystä kuin riskin oikealla havaitsemisella. Oleellista ei siis ole se, kuinka nopeasti koehenkilö reagoi vaan se, että hän havaitsee todellisen riskin (Watts & Quimby, 1979). Videot, joissa riski ei ole ennakoitavissa, mittaavat ainoastaan koehenkilön reaktiokykyä, mikä on useimmiten parempi nuoremmilla henkilöillä. HP -menetelmään perustuvan testin idea olisi kuitenkin mitata koehenkilön kykyä ennakoida ja havaita riskitilanteita liikenteessä. Tämä on mahdollista testeissä, joissa riskin havaitsemiseen on asetettu aikaikkuna, jossa riski on havaittavissa. Tämä lisäksi koehenkilön riskitekijäksi määrittelemä kohde tulisi olla nähtävissä. Tällöin voidaan arvioida, pelkän reaktionopeuden sijaan, ajankohtaa, jolloin koehenkilö havaitsee riskin ja minkä kohteen hän määrittelee riskitekijäksi. (Sagberg & Bjørnskau, 2006). Tämän lisäksi osa HP -menetelmään perustuvista testeistä sisältää videoita, joissa vaaraa ei ole. Vaarattomien

videoiden sisällyttämisellä pyritään siihen, että koehenkilöt ilmoittavat vaarasta vasta kun he todellisuudessa havaitsevat sen, eivätkä ”läpäise” testiä vain klikkailemalla jokaisessa videossa (Wetton ym., 2011). Vaikka on toki tärkeää havaita riski ajoissa, saattaa reaktion ennenaikaisuus aiheuttaa myös riskin. Todellisessa liikenteessä henkilön tulisi siis ennakoida riskin syntyä, mutta malttaa reaktiossaan todellisen riskin esiintymiseen. Mikäli henkilö reagoi liian aikaisin mahdolliseen riskiin, esimerkiksi jarruttamalla maantiellä, aiheuttaa hän itse riskin muille tienkäyttäjille (Grayson & Sexton, 2002).

Kulttuurisesti testiä on myös hankala saada reliabiliksi. Samaa testiä ei voida käyttää esimerkiksi Isossa Britanniassa ja Suomessa, koska liikennekulttuurit poikkeavat toisistaan huomattavasti eri maissa, niin puolisuuksensa, hektisyytensä ja säiden tuomien haasteidensa myötä. Testin tilanteiden tulisi siis kuvastaa juuri koehenkilön liikennekulttuurille tyypillisiä tilanteita, jotta sillä voitaisiin mitata koehenkilön todellista riskien havaitsemista (Lim, Sheppard & Crundall, 2014). Hazard Perception -menetelmään perustuvat testit tulisivatkin validoida jokaiseen maahan erikseen (Tüské, Šeibokaitė, Endriulaitienė & Lehtonen, 2018).

McKenna (1999) havaitsi erilaisten kokeiden ja testien kautta, että oleellista Hazard perception -menetelmään perustuvassa testissä on videoilla esittävien tilanteiden selkeys ja tavanomaisuus nimenomaan testihenkilön liikennekulttuurissa esiintyville tilanteille. Suomessa hyvin tyypillisiä maantienonnettomuuksia ovat hirvikolarit, kohtaamis- ja liittymisonnettomuudet. Taajama-alueella taas korostuvat onnettomuudet kevyenliikenteen kanssa, sekä risteysonnettomuudet (Onnettomuustietoinstituutti 2018).

### 1.3.3 Edut

Vaikka HP -menetelmästä puuttuu havaitsijan liike, luetaan sen eduksi spesifisiti liikenteeseen liittyvät dynaamiset tapahtumat ja niiden oikea-aikainen ja oikeanlainen havaitseminen (Preece ym., 2010).

Hazard Perception vaikuttaisi kattavalta menetelmältä, joka huomioi ajokognitioon liittyvät osa-alueet. Sen testausympäristö on nimenomaan liikenne ja siinä tulee tehdä nimenomaan

liikenteeseen liittyviä havaintoja ja päätöksiä. Riskien havaitseminen liikennetilanteissa vaatii ennakkointia ja oikea-aikainen havainnosta ilmoittaminen reaktiokykyä.

Vaikka McKennan tutkimukset keskittyivät pääasiassa nuoriin ja kokemattomiin kuljettajiin on Hazard perception -menetelmään perustuvien testien avulla saatu myöhemmin hyviä tuloksia onnettomuusriskien tunnistamisessa myös iäkkäillä (Preece ym., 2010) ja edelleen nuorillakin kuljettajilla. Tutkimusten mukaan korkeassa onnettomuusriskissä olevat henkilöt menestyvät testissä heikommin (Scialfa ym., 2014). Hazard Perception -menetelmään perustuvalla testillä on myös kyetty havaitsemaan ajokokemuksen positiivinen vaikutus riskien havaitsemiseen (Tüské ym., 2018).

Joissakin versioissa menetelmä kykenee mittaamaan myös koehenkilön motoriikkaa, koska hän joutuu merkitsemään riskitekijän ruudulta esimerkiksi tietokoneen hiirtä käyttäen. Testin kehitystyössä on pyritty hyödyntämään myös kosketusnäytöllisiä tietokoneita, jolloin riskitekijä voidaan osoittaa suoraan näytöltä sormella koskettamalla. Hyvä psykomotorinen toiminta on erityisen tärkeää ajoneuvon hallintalaitteiden käytössä. (Boufous, Ivers, Senserrick & Stevenson, 2011).

HP -menetelmään perustuvan testin tuloksilla on osoitettu olevan yhteys koehenkilöiden onnettomuusalttiuteen (mm. McKenna & Horswill, 1997; Wetton ym., 2011; Mackenzie & Harris, 2015; Castro ym., 2014). Esimerkiksi Horswillin ym. (2015) toteuttaman pitkittäistutkimuksen perusteella jopa 25 % testissä heikosti menestyneistä joutui onnettomuuteen seuraavan vuoden aikana (Horswill ym., 2015).

Testin avulla voidaan havaita riskien tunnistusongelmia ja mahdollista onnettomuusalttiutta perusterveiden henkilöiden lisäksi nuorilla ADHD -diagnoosin saaneilla henkilöillä. Tämä ilmeni siten, että ADHD -diagnoosin omaavilla koehenkilöillä jäi verrokkeihin nähden useampia riskitilanteita havaitsematta (Bruce ym., 2017). Lisäksi autismikirjoon kuuluvia piirteitä omaavien henkilöiden on HP -menetelmään perustuvan testin avulla havaittu reagoivan selvästi verrokkeja heikommin erityisesti sosiaalisia riskitekijöitä eli jalankulkijoita tai pyöräilijöitä sisältäviin tilanteisiin (Sheppard, Ropar, Underwood & Van Loon, 2010; Bishop, Biasini & Stavrinos, 2017). Ikääntyneiden henkilöiden kohdalla HP -menetelmään perustuvan testin avulla voidaan havaita ennakkointi- ja havainnointivirheitä, sekä puutteita tarkkaavuudessa, mikä ilmenee ikääntyneiden

hitaampana reagoitina ennakoitavissa olevin tilanteiden kehittymiseen ja riskitekijöiden huomioimatta jättämisenä tai havainnosta ilmoittamisena ennen kuin riski on edes havaittavissa (Underwood, Phelps, Wright, van Loon & Galpin, 2005; Horswill ym., 2008). Aivovammapotilailla on havaittu selvää hitautta, niin havaintojen teossa kuin sen prosessoinnissakin. He usein joko havaitsevat oleelliset tekijät liian myöhään tai eivät tunnista riskitekijöitä havainnosta huolimatta (Preece ym., 2010).

Riskitilanteiden tunnistamiskoulutuksella on todettu olevan huomattava merkitys todellisten riskitilanteiden havaitsemiseen. Todellisessa liikenteessä tapahtuvissa ajokokeissa koulutusta saaneiden on havaittu huomaavan ja ennakoivan kouluttamattomia aiemmin ja tehokkaammin liikenteessä tapahtuvia riskitilanteita (mm. McKenna & Crick, 1994; Meir, Borowsky & Oron-Gilad, 2014). Riskien tunnistamiskoulutus onkin tarkoitettu noviiseille, parantamaan heidän liikennevalmiuksiaan. Testaamisella taas pyritään havaitsemaan heikentynyttä kykyä selvittää liikenteessä (McKenna & Horswill, 1997).

HP -menetelmään perustuvissa testeissä käytetään usein videoita todellisista liikennetilanteista (mm. Wetton ym., 2011; Castro ym., 2014), mutta niiden ekologinen validiteetti on todettu hyväksi, vaikka videot olisi toteutettu virtuaalisesti. Tämän uskotaan olevan seurausta dynaamisesta ympäristöstä ja jatkuvasti vaihtuvista tilanteista, mikä on liikenteelle tyypillistä (Malone & Brünken, 2016).

## 1.4 HP -menetelmään perustuvan testin kehitys

HP -testin kehityksessä oleellisessa osassa on riskitilanteen ennakoitavuus (Wetton, Hill & Horswill, 2011). Mikäli videot eivät sisällä ennakoitavissa olevia elementtejä, saattaa testi mitata eri asioita, kuin on tarkoitus. Mikäli riskit tulevat liian yllättäen testi mittaa lähinnä reaktionopeutta, joka nuorilla henkilöillä on yleensä parempi. Tällöin testistä jää kokonaan puuttumaan liikenteessä tärkeä ennakkoinnin elementti (Sagberg & Bjørnskau, 2006). Tärkeä tekijä on myös testilaitteiston yksinkertaisuus, jolloin koehenkilö pystyy keskittymään itse testiin, laitteiston käytön sijaan. Tällöin testin validiteetti kasvaa. (McKenna ja Crick, 1994; McKenna ja Horswill, 1997).

#### 1.4.1 Videoiden määrä ja tyyppi

Videoiden määrä on myös oleellinen tekijä HP -menetelmään perustuvassa testissä, koska mahdollisten vaaratilanteiden kokeminen on hyvin subjektiivinen kokemus kuljettajalle.

Tutkimusten mukaan validiteetti ei kuitenkaan parane videoiden määrän kasvaessa yli 15, joten sisäiseltä validiteetiltään riittävän HP -menetelmään perustuvan testin tulisi sisältää keskimäärin 15 videota riskitilanteista. (McKenna & Horswill, 1997; Wetton, Hill & Horswill, 2011).

Osassa HP -menetelmään perustuvissa testeissä on käytetty ainoastaan riskitekijän sisältäviä videoita (Jackson, Chapman & Crundall, 2009) ja osassa riskitekijän sisältävien videoiden lisäksi videoita, joissa ei esiinny riskitekijää (Mackenzie & Harris, 2015 ja Wetton ym. 2011). Castro ym. (2014) taas toteuttivat HP -menetelmään perustuvan tutkimuksen, jonka videoilla esiintyi onnettomuuteen johtavia tilanteita ja läheltä piti -tilanteita. Esittämällä tavallisia, riskittömiä liikennetilanteita riskitilanteen sisältävien videoiden seassa, pyritään siihen, että koehenkilö reagoisi vasta, kun hän oikeasti havaitsee vaaran (Mackenzie & Harris, 2015). Läheltä piti -tilanteiden tunnistamisella pyritään siihen, että koehenkilö pystyisi erottamaan tilanteet, joihin hän voi vielä omalla toiminnallaan vaikuttaa (Castro ym., 2014).

#### 1.4.2 HP -menetelmään perustuvien testien asetelmat

HP -menetelmää on sovellettu arvioimaan koehenkilöitä ja heidän kykyjään erilaisissa asetelmissa. Eniten lienee testattu noviisien ja kokeneiden kuljettajien eroavaisuuksia riskien havaitsemisessa. Pääasiallisesti HP -menetelmään perustuvien testien on todettu erottelevan noviisien ja kokeneiden kuljettajien ennakointi- ja liikennetilanteiden hahmotuskykyä (McKenna & Crick 1991). Mittausmenetelmänä on käytetty ajankohtaa, jona koehenkilö ilmoittaa vaaran havaitsemisesta. Ennakointia ja liikennetilanteiden hahmotuskykyä voidaan arvioida ajankohdan perusteella siten, että tutkitaan, havaitseeko koehenkilö riskitekijän ennen, kuin onnettomuuteen mahdollisesti johtava tilanne alkaa kehittymään, tilanteen kehittyessä vai vasta tilanteen ollessa käsillä, tai mahdollisesti ei havaitse ollenkaan. Tutkimusten mukaan kokeneet kuljettajat tunnistivat riskitilanteita, noviiseja paremmin (mm. Finn & Bragg, 1986; McKenna & Crick 1991; Sagberg & Bjørnskau 2006; Tüské ym., 2018).

HP -menetelmään perustuvien testien avulla on myös pyritty saamaan kuvaa kuljettajien subjektiivisesta ja objektiivisesta riskien havaitsemisesta ja niiden eroista. Objektiivista havaitsemista tutkittiin silmänliikkeiden avulla ja subjektiivista kyselykaavakkeilla. Tutkimuksen mukaan subjektiivinen havaitseminen on yhteydessä objektiiviseen, mutta vain helposti havaittavissa olevien riskitilanteiden osalta (Åbele ym. 2018).

Mackenzie ja Harris (2015) taas vertailivat kuljettajan passiivisen ja aktiivisen ajamisen vaikutusta riskien havaitsemiseen. Tämä toteutettiin simulaattorin avulla verraten pelkkään videoiden katseluun. Riskien havaitsemisen todettiin olevan tehokkaampaa passiivisessa ajamisessa. Riskien tunnistamisen ja havaitsemisen harjoittelun vaikutusta on myös tutkittu paljon (mm. Mills ym., 1998; McKenna & Crick, 1994; Meir ym. 2014).

HP -menetelmään perustuvalla testillä on pyritty kartoittamaan myös ympäristön vaikutusta riskien havaitsemiseen. Sen mukaan rauhallisemmalla alueella riskien havaitseminen on helpompaa, kuin vilkkaassa kaupunkiympäristössä (Borowsky ym. 2012).

Lisäksi HP -menetelmään perustuvilla testeillä on havaittu ajokyvyn ongelmia, kuten havaitsemisen ja ennakkoinnin hitautta, esimerkiksi aivoverenkiertohäiriöstä seuranneiden neuropsykologisten vaikeuksien yhteydessä (mm. Bruce ym. 2017; Preece ym. 2010). Myös ikääntymisen vaikutusta ajokykyyn on pyritty selvittämään HP -menetelmään perustuvalla testillä. Vaaran havaitsemisen ajankohdissa ja sen jälkeisessä toiminnassa on havaittu selkeitä eroja ikääntyneiden ja verrokkien välillä. Ikääntyneet reagoivat vaaraan verrokkeja hitaammin. Silmänliiketutkimuksen avulla on havaittu, että vaaran havaitsemisesta toiminnan toteuttamiseen ikääntyneillä kestää nuorempia koehenkilöitä kauemmin (mm. Horswill ym., 2008). HP -menetelmään perustuva testi toimii myös osana kuljettajatutkintoa esimerkiksi Englannissa ja joissakin Australian osavaltioissa (McKenna & Horswill, 1999; Wetton ym. 2011).

## 1.5 Tutkimuksen tarkoitus ja hypoteesit

Tässä työssä kehitettiin suomalaiseen liikenneympäristöön soveltuva Hazard Perception -menetelmään perustuva testi, jota testattiin suomalaisilla kuljettajilla. Testille annettiin nimeksi Ajoarvio



Ajoarvio -testiä varten kerättiin 13 videota, jotka kuvaavat tyypillisiä riskitilanteita suomalaisessa liikenteessä. Mukaan valittiin myös 7 videota, jotka eivät sisällä vaaratilannetta. Videoista rakennettiin tietokoneella toimiva testi, jossa koehenkilön tuli tunnistaa itselleen tai muille vaaraa aiheuttavia tekijöitä. Tavoitteena oli kerätä mahdollisimman paljon aineistoa eri ikäryhmistä ja erilaisen ajokokemuksen omaavista henkilöistä. Koehenkilöitä rekrytoitiin erilaisten sidosryhmien kautta mm. työpaikoilta, autokouluryhmistä jne. Otokseen saatiin 65 henkilöä iältään 18 - 67-vuotiaita.

Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia, havaitaanko koehenkilöiden välillä eroavaisuuksia Ajoarvio -testin avulla. Tämän pohjalta pyrittiin myös ennustamaan kuljettajien riskienhavaitsemiskykyä liikenteessä. Koehenkilöiden suoriutumista tarkasteltiin heidän saamien kokonaispisteiden, sekä virheiden jakautumisen avulla. Ajatuksena oli, että taustamuuttujat, kuten ikä, ajokorttiluokka jne. vaikuttaisivat koehenkilön testisuoriutumiseen ja analyysissä löydettäisiin yhteys testin kokonaispistemäärän sekä virheiden jakautumisen ja taustamuuttujien väliltä.

Tästä johdettiin ensimmäisen hypoteesi:

Hypoteesi 1 Ajoarvio -testi pystyy erottelamaan koehenkilöitä toisistaan heidän taustansa perusteella.

Aiempien tutkimusten mukaan ajokokemus vaikuttaa positiivisesti koehenkilön kykyyn havaita riskejä liikenteessä (mm. Finn & Bragg, 1986; McKenna & Crick 1991; Sagberg & Bjørnskau 2006), mutta iän on havaittu myös vaikuttavan heikentävästi riskienhavaitsemiskykyyn (Horswill ym., 2008; Underwood ym., 2005). Tämä pohjalta asetettiin toinen hypoteesi:

Hypoteesi 2 Pidemmän ajokokemuksen omaavat koehenkilöt menestyvät Ajoarvio -testissä kokemattomia paremmin, mutta iällä on heikentävä vaikutus testissä suoriutumiseen.

## 2. Menetelmät

### 2.1 Ajoarvio -testin kehitys

Ajoarvio -testin kehitys aloitettiin etsimällä ja tekemällä videoita, joiden pohjalta testi rakennettiin. Aiempien tutkimusten mukaan validi HP -menetelmään perustuva testi sisältää keskimäärin 15 videota riskitilanteista (mm. McKenna & Horswill, 1997), joten tavoitteena oli saada kasaan vähintään 15 relevanttia videota. Osa videoista kuvattiin itse autosta Dash cam -autokameralla. Osa riskitilanteista näyteltiin. Esimerkiksi kuvassa 3 mopoilija tulee sivutieltä sovitusti auton eteen.



*Kuva 3. Näytelty riskitilanne.*

Osa videoista saatiin kuvattua normaalissa liikenteessä sattumalta. Kameroita oli kolmessa ajoneuvossa noin puolen vuoden ajan. Osa videoista saatiin käyttöön tuttavien kuvaamista materiaaleista. Oleellisiin aiheisiin keskittyneiden videoiden määrä oli rajallinen, mutta videoita onnistuttiin keräämään 38 kpl, joiden koettiin käsittelevän keskeisesti liikenteen riskitilanteita. Lopulliseen versioon valikoitui 20 videota, joista 13 sisälsi riskitilanteen ja 7 oli riskittömiä videoita.

### 2.2 Videoiden valinta

Videoiden analysointiin osallistui työryhmä, joka koostui viidestä liikennealan ammattilaisesta. Olen itse liikenneopettaja ja kuljettajatutkinnon vastaanottaja, lisäksi mukana oli pitkän työkokemuksen omaavat erityisryhmiin keskittynyt liikenneopettaja, sekä kuljettajatutkinnon

vastaanottaja. Ammattikuljettajia mukana olivat 30 vuoden työuran tehnyt taksinkuljettaja ja myös pitkän työkokemuksen omaava rekan kuljettaja.

Jokainen videoiden valintaan osallistuneista henkilöistä katsoi aluksi kaikki 38 videota itsenäisesti ja valitsi niistä mielestään relevanteimmat videot riskitilanteiden havaitsemisen kannalta. Ensimmäisen karsinnan jälkeen järjestimme tapaamisen, jossa sovimme yksimielisesti 11 videon poisjättämisestä. Kolme kappaletta videoista jokainen valitsija karsi pois sen vuoksi, että ne sisälsivät rajun törmäyksen ja saattaisivat järkyttää koehenkilöitä. Loput 8 karsiutunutta videota olivat laadultaan niin heikkoja, että kaikki valitsijat olivat karsinnan kannalla. Videoiden laatu vaihteli huomattavasti, mikä jo itsessään vaikutti videoiden valintaan. Jäljelle jääneet 27 videota katsoimme yhdessä perustellen niiden heikkouksia ja vahvuuksia. Videoista 4 oli hirvivideoita, 5 liittymisvideoita, 6 ohitustilannetta, 5 kohtaamistilannetta, 4 kevyen liikenteen tilannetta ja 3 risteysajotilannetta. Videoiden valinnassa panostettiin monipuolisuuteen ja siihen, että ne koostuisivat mahdollisimman tyypillisistä tilanteista juuri suomalaisessa liikenteessä. Keliolosuhteita koetettiin huomioida myös siten, että videoilla esiintyy lunta, sadetta ja aurinkoa. Riskitekijöiden monipuolisuuteen panostettiin myös siten, että riskitekijä voi olla jalankulkija, auto, mopo tai eläin. Taulukossa 1 on eriteltynä testiin valikoituneet riskin sisältävät ja riskittömät videot sisältöineen. Taulukossa on esitetty myös testivideoiden kesto sekunteina.

Taulukko 1 Lista videoista (kamera-autolla tarkoitetaan ajoneuvoa, jonka kuljettajana koehenkilöt toimivat testissä. Videon kuvaksen alla on videon kesto sekunteina. Suluissa on aika, jolloin klikkaus tulisi tapahtua, jotta koehenkilö saisi pisteen.)

Lista videoista			
Videon aihe	Videon nro testissä	Videon sisältö	Videolla näkyvä tilanne kun testin mukaan riski on havaittavissa
		<div> <div></div> Riskin sisältävä video <div></div> Riskitön video </div>	
Hirvi	3	Hirvi juoksee tielle vasemmalta 9s (4-7s)	Hirvi näkyy vasemmalla
	7	Hirvi juoksee tielle oikealta 20s (16-18s)	Hirvi näkyy oikealla
Liittyminen	1	Auto liittyy oikealta päätielle ja lähes osuu kamera-autoon 18s (8-13s)	Oikealta lähestyvä ajoneuvo näkyy. Auto lähestyy kovaa vauhtia eikä hidasta ollenkaan
	10	Auto liittyy oikealta päätielle toisen auton takaa 22s (16-19s)	Liittyvä auto näkyy lähtevän liikkeelle
	17	Auto vaihtaa kaistaa lähes osuen kamera-autoon autoon 15s (4-9s)	Kaistaavaihtava auto laittaa vilkun päälle
	15	Vaaraton video. Sivutieltä, toisen auton takaa, on liittymässä auto, joka ei lähde liikkeelle.	
	19	Vaaraton video. Sivutieltä on liittymässä auto, joka ei lähde liikkeelle.	
Ohittaminen	9	Edellä menevä auto lähtee ohitukseen vastaantulevasta ajoneuvosta huolimatta. 17s (8-16s)	Vastaantuleva auto on näkyy
	12	Ohitettava ajoneuvo lähtee ohitukseen samanaikaisesti 16s (13-15s)	Ohitettava auto laittaa vilkun päälle
	2	Moottoritiellä tapahtuva vaaraton ohitus	
	6	Moottoritiellä tapahtuva vaaraton ohitus	
Kohtaaminen	16	Vastaantuleva auto ohittaa vaikka kamera-auto tulee vastaan 10s (2-9s)	Vastaantuleva auto näkyy kamera-auton kaistalla
	20	Vastaantuleva auto ajautuu kamera-auton kaistalle 19s (15-18s)	Vastaantuleva auto näkyy kamera-auton kaistalla
Kevytliikenne	5	Jalankulkija yllättäen maantien sivussa ilman heijastimia 9s (4-6s)	Jalankulkija näkyy ruudula
	8	Lapset yllättäen suojatielle pysäköidyn auton takaa. 17s (10-13s)	Lapset näkyvät vasemmalla
	14	Jalankulkija ylittää tien punaisen valon palessa 18s (13-18s)	Jalankulkija näkyy suojatiellä ja liikennevalot näkyvät myös
	18	Vaaraton video, jossa pyöräilijä on tulossa suojatielle, mutta autolle palaa vihreä nuolivalo.	
Risteys	4	Mopoilijaa tulee yllättäen sivutieltä 21s (15-18s)	Mopilija näkyy oikealla
	11	Riskitön risteystilanne kaupunkiliikenteessä.	
	13	Riskitön risteystilanne kaupunkiliikenteessä,	

Taulukossa 2. on esitetty karsiutuneiden videoiden sisällöt.

*Taulukko 2. Karsiutuneiden videoiden sisällöt*

Karsiutuneen videon sisältö	
Hirvi juoksee tielle vasemmalta takaviistosta	Kamera-auto lähtee ohittamaan vastaantulevasta ajoneuvosta huolimatta. Laatu erittäin heikko.
Hirvi juoksee tienviertä	Vastaantuleva auto ohittaa vaikka kamera-auto tulee vastaan. Ohittaja suistuu ojaan
Auto vaihtaa kaistaa osuen kamera-autoon	Vastaantuleva auto ajautuu kamera-auton kaistalle, tilanne kuitenkin heikosti havaittavissa
Auto liittyy vasemmalta virheellisesti, mutta tilanteessa on aikaa liittyä.	Pyöräilijä kääntyy kamera-auton eteen. Kamera-auto osuu pyöräilijään.
Ohitettava ajoneuvo lähtee ohitukseen samanaikaisesti, osuen kamera-autoon	Autoilija tulee yllättäen oikealta, mutta hänellä on etuajo-oikeus
Edellä menevä auto ohittaa osuen ohitettavaan ajoneuvoon.	Nelihaaraisessa risteyksessä, jokaisesta suunnasta saapuu auto.
Sillalla tapahtuva kohtaaminen, jossa vastaantulijan tulisi väistää	Edellä menevä auto ohittaa, osuen ohitettavaan

Mukana olleista neljästä hirvivaara -videoista mukaan valikoitui kaksi. Valikoitumisen perusteena oli hirven selkeä esiintyminen eri puolilla näkökenttää (toisessa videossa vasemmalta ja toisessa oikealta). Muut kaksi videota karsittiin, koska niissä hirven havaitseminen oli haastavaa ja koimme yksimielisesti kahden hirvivideon olevan riittävä määrä testiin. Hirvivideoiden mukaan valikoituminen yleensä johtui hirvionnettomuuksien tyypillisyydestä suomalaisessa maantieliikenteessä.

Liittymisriskit, joissa toinen ajoneuvo liittyy muun liikenteen sekaan, useimmiten sivutieltä päätielle, ovat myös yleisiä, jonka vuoksi mukaan valikoitui 3 videoita niiden laadun ja suomalaisen liikenteeseen tyypillisyyden perusteella. Karsiutuneista videoista toinen johti ajoneuvojen kosketukseen ja toisessa tilanne oli liian tulkinnanvarainen selkeän arvioinnin näkökulmasta.

Ohitus liikenteessä on aina jo itsessään riski, jonka vuoksi ohitustilanteita mukaan valikoitui 2 kappaletta. Toisessa (video 9) edellä menevän auton päätös lähteä ohitukseen aiheuttaa riskin usealle muulle ja toisessa videossa (video 12) ohitettavan ajoneuvon virhe aiheuttaa riskin.

Karsiintuneista videoista kaksi johtivat kosketukseen toisen ajoneuvon kanssa ja yhden videon laatu koettiin liian heikoksi testiin osallistumista ajatellen.

Kohtaamisriskissä, jossa toinen ajoneuvo lähestyy vastakkaisesta suunnasta, kuljettaja joutuu havaitsemaan toisen henkilön tekemän virheen, joka vaatii paljon ennakointia. Tästä syystä testiin valikoitui 2 kohtaamisvideota, joissa vastaantuleva ajautuu koehenkilön kaistalle. Karsiintuneista videoista yhdessä kohtaamistilanne, johti ajoneuvon tieltä suistumiseen ja toinen oli liian heikosti havaittavissa. Kolmas video karsiutui heikon laatunsa perusteella.

Kevyen liikenteen kohtaamisessa voi olla useita riskejä, jonka vuoksi tilanteita valikoitui mukaan 3. Kevyenliikenteen onnettomuuksin liittyen valitsimme tyypillisen suojatielle saapumisen, mutta myös yllättävän maatiellä kohtaamisen, sekä punaisia päin kulkevan henkilön. Liikenteessä on oleellista huomata myös muiden tienkäyttäjien yllättävä käyttäytyminen ja siitä aiheutuvat riskit ja yllättävät tilanteet. Kevyt liikenne voi yllättää taajamassa, joko omalla virheellisellä toiminnallaan (video 14) tai näkyvyyden ollessa heikko (videot 5 ja 8). Karsiutuneessa videossa ajoneuvo koskettaa pyöräilijää.

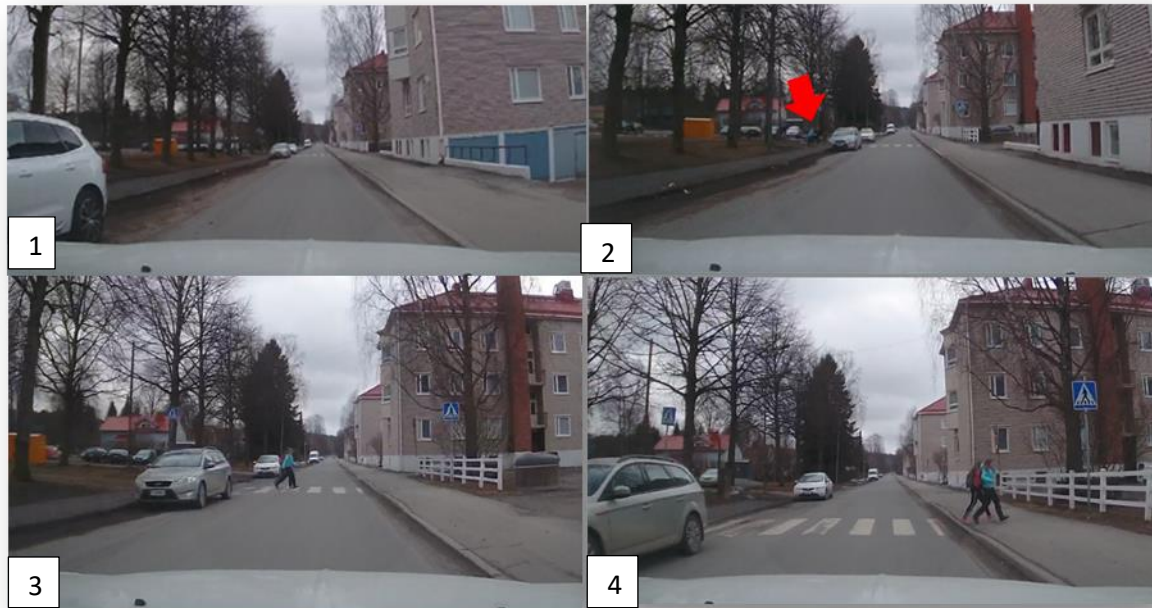
Risteysajotilanteista mukaan valikoitui ainoastaan mopoilija (video 4), tilanteen tyypillisyyden ja selkeyden vuoksi. Karsiutuneissa videoissa liikennetilanteet olivat epäselviä ja tulkinnanvaraisia. Videoiden valinnassa pyrittiin kiinnittämään huomiota myös tottumis- ja oppimisvaikutukseen, jolloin koehenkilöt helposti olettavat tilanteiden kehittyvän samalla tavalla. Tästä testiin valikoitui liikenneympäristöltään saman kaltaisia, mutta riskiltään erilaisia videoita. Videoissa ympäristö on siis samankaltainen, mutta riski esiintyy eripuolella tai eritavoin eri videoissa.

## 2.3 Riskitekijän ja aikaikkunan määrittely

Videoiden päätarkoitus on vaatia koehenkilöltä havaitsemista ja ennakointia. Kuljettajan olisi testissä pyrittävä havaitsemaan itselleen tai muille vaaraa aiheuttava tekijä ja välttämään onnettomuus, vaikka hän itse tai joku toinen toimisi liikennesääntöjen vastaisesti. Riskiksi määriteltiin sellainen tekijä, jonka toiminta poikkeaa suomalaisesta liikennekulttuurista, on yllättävää tai liikennesääntöjen vastaista. Testin tekemiseen osallistunut työryhmä arvioi

tilannekohtaisesti jokaisen riskitekijäksi testissä määritellyn kohteen, arvioiden tilanteen poikkeavuutta ja yllättävyyttä verrattaessa suomalaiseen liikennekulttuuriin ja -liikennesääntöihin. Näin ollen testiin valikoitui videot, joissa oli työryhmän mielestä selkeästi havaittava ja yksiselitteinen tekijä, jonka koettiin aiheuttavan vaaraa itselleen tai muille. Liikenteessä tilanteet muodostuvat yllättäen ja suurin riski aiheutuu usein vuorovaikutuksen epäonnistuessa, jolloin kuljettaja tulkitsee toisen tienkäyttäjän aikomukset väärin. Tämän vuoksi ohjelmassa esiintyy hyvin tyypillisiä, mutta toisten tienkäyttäjien toimintaa ennakoimalla havaittavissa olevia riskitilanteita. Osassa tilanteista on etua nopeasta reagoinnista, mutta suurimmassa osassa oleellista on tilanteen kehittymisen havainnointi.

Aiempien tutkimusten mukaan jopa reaktionopeutta tärkeämpään asemaan liikenneonnettomuuksien synnyssä nousee toiminnan oikeellisuus (Rajalin ja Keskinen, 2002). Tästä syystä videot pyrittiin valitsemaan niin, että niistä tulisi todella nähdä riskin kehittyminen ja niissä olisi mahdollista ennakoida tilanteita. Tätä pystyttiin mittaamaan tarkastelemalla ajankohtia, joissa koehenkilöt klikkaavat eli reagoivat vaaraan. Testi ei siis mittaa kuinka nopeasti koehenkilöt reagoivat vaan siihen on asetettu videokohtainen aikaikkuna, jossa vaaraa aiheuttava tekijä on mahdollista havaita (taulukko 1). Ajankohtaa riskitekijän havaitsemiselle arvioitiin myös työryhmässä. Näkemykset siitä, milloin riskitekijän havaitseminen olisi oleellisinta poikkesivat toisistaan työryhmän sisällä. Koska kuitenkin oli erityisen tärkeää, että koehenkilö klikkasi vasta havaitessaan riskin (Watts & Quimby, 1979), aikaikkunan alku asetettiin siihen pisteeseen, jossa riskitekijä on ensimmäisen kerran suinkin havaittavissa. Riskitilanteen kokemisen subjektiivisuuden vuoksi aikaikkunan loppupiste määritettiin niin laajaksi, että se päättyi vasta kun riskitilanne oli jo tapahtunut ja riskitekijän havaitsemisesta ei enää ollut hyötyä riskin välttämisen näkökulmasta. Kuvassa 4 on esitetty aikaikkunan muodostuminen videossa 8, jossa riskin havaitsemiseen määritetty aika alkaa 10 s ja päättyy 13 s videon alkamisajankohdasta.



*Kuva 4. Ruudussa 1 on näkymä videon kohdassa 9s. Ruudussa 2 on näkymä videon kohdassa 10 s., jolloin suojatielle juoksevat lapset näkyvät vasemmalla. Ruudussa 3 on näkymä videon kohdassa 12 s., jossa lapset ovat suojatiellä. Ruudussa 4 on näkymä videon kohdassa 13 s., jossa lapset ovat jo ylittäneet tien ja heidän havaitsemisensa ei enää hyödyttäisi riskin välttämiseksi.*

Jokaiseen videoon määriteltiin aikaikkuna kyseisellä periaatteella videokohtaisesti. Taulukossa 1 on esitetty videon keston jälkeen suluissa kyseisellä videolla esiintyvän riskin havaitsemiseen määritellyn aikaikkunan alkamis- ja päättymisajankohta sekunteina videon alkamisajankohdasta. Testissä siis sai pisteen, mikäli klikkaus tapahtui tämän aikaikkunan sisällä. Pistettä ei saanut, mikäli vastasi liian nopeasti tai liian hitaasti eli aikaikkunan ulkopuolella. Oleellista ei siis ollut nopeus vaan oikea-aikainen, aikaikkunan sisällä tehty havainto. Ohjelma tallensi myös ajan, jossa ensimmäinen klikkaus tapahtui, jolloin voitiin vertailla sitä missä vaiheessa koehenkilöt tyypillisesti havaitsevat riskin. Riskitekijän havaitsemisen ilmoittamiseen riitti siis klikkaus missä tahansa tietokoneen ruudulla. Havainnon jälkeen koehenkilön tuli osoittaa riskitekijä ruudulta viemällä hiiren kursori sen päälle ja klikkaamalla uudelleen. Ohjelma tallensi myös ajan, jolloin toinen klikkaus tapahtui, sekä kohdan, jossa koehenkilö klikkasi tämän toisen kerran. Näitä ei kuitenkaan pisteytetty vaan ne antoivat taustatietoa esimerkiksi siitä, minkä tekijän koehenkilö koki aiheuttavan vaaraa videolla.



## 2.4 Riskittömät videot

Videot, jotka eivät sisällä riskitilannetta vaativat koehenkilöltä erityistä tarkkaavaisuutta, päätöksentekoa ja kognitiivista joustavuutta, jolloin koehenkilön tulee osata muuttaa toimintaansa tilanteen vaatimalla tavalla. Mikäli kaikissa videoissa esiintyisi vaaratilanne olisi koehenkilö valmis reagoimaan jokaiseen riskiin. Liikenteessä riskitilanteita esiintyvät kuitenkin harvoin, joten turha reagoiminen on haitallista. Tästä syystä mukaan valikoitui ohitustilanne, maantieajoa, liikenneympyrä, tilanne, jossa poliisiauto on hoitamassa muuta tehtävää, sekä risteysajo, jossa ajoneuvo ajaa vihreän nuolivalon mukaisesti (ks. taulukko 1). Tilanteet vaativat liikennesääntöjen tuntemusta, sekä inhibitiokykyä, jotta koehenkilö pystyy havaitsemaan sen, että vaaraa ei ole. Liikenteessä aiheutetaan vaaratilanteita myös helposti väärrien signaalien noudattamisesta. Mikäli henkilö jarruttaa maantiellä yllättäen tai väistää aiheuttomasti toista ajoneuvoa/kevyttä liikennettä, hän itse aiheuttaa vaaratilanteen. Tästä syystä koehenkilö sai testissä nolla pistettä, mikäli klikkasi hiirtä videossa, jossa ei ollut riskiä. Mikäli hän ei klikannut riskittömässä videossa, sai hän pisteen.

## 2.5 Testivideoiden jakautumien aihealueittain

Liittymistilanteet ovat hyvin yleisiä liikenteessä ja niiden ennakoitavuus aiheuttaa niiden hyvän erottelukyvyn HP -menetelmään perustuvassa testissä (Wetton ym., 2011). Tästä syystä Ajoarvio -testin videoihin valittiin liittymistilanteita, joissa tilanne on ennakoitavissa (videot 1, 10 ja 17) vastaavasti mukaan valikoitu ei vaaraa videot 15 ja 19, jossa on edellisien videoiden kaltainen tilanne, mutta auto ei liity päätielle, eikä aiheuta vaaraa. Myös ohitusvideoissa 12 ja 9, pyrittiin tilanteen ennakoitavuuteen ja kuljettajan varautumiseen tilanteeseen. Ohitustilanteita kompensoimaan valittiin videot 2 ja 6, jotka sisältävät ohitustilanteen, jossa vaaraa ei esiinny. Samoin hirvivideoista valikoitui mukaan kaikista ennakoitavimmissa olevat tilanteet (3 ja 7). Videoissa ympäristö on hyvin tyypillinen suomalaiselle hirvionnettomuudelle. Näiden vastapainoksi mukaan valikoitui samankaltaisessa ympäristössä esiintyvät tilanteet (videot 16 ja 20), jossa vastaantuleva kuljettaja tekee virhearvion ja lähestyy koehenkilön ”kuljettamaa” autoa tämän kaistaa pitkin. Ajatuksena oli tutkia, pystyykö koehenkilö mukautumaan tilanteeseen, jossa ympäristön perusteella riski on erilainen kuin todellisuudessa.

Jalankulkijoihin liittyvistä videoista mukaan valikoitui videot 8 (ks. kuva 4) ja 14. Videolla 14 on ennakointia vaativat jalankulkijan kohtaaminen, mikä ei aiheuta vaaraa. Samalla videolla esiintyy kuitenkin myöhemmin punaista valoa päin kulkeva jalankulkija, mikä aiheuttaa yllättävän vaaran. Tilanne on kuitenkin niin hidas, että kuljettajalla on aikaa reagoida siihen hyvissä ajoin. Jalankulkijoihin liittyvä video 5 taas mittaa lähinnä reagointia, eikä siihen ole mahdollisuutta varautua ajoissa.

Koska liikennetilanteet vaativat usein spesifiä tilannetietoisuutta (Endsley, 1995), testiin valikoitui videoita, joissa vaaraa aiheuttavan tekijän tunnistaminen vaatii liikennesääntöjen tuntemusta ja tarkkavaisuutta. Liikennesääntöjen tuntemusta ja tarkkavaisuutta edellytti kevyeen liikenteeseen liittyvä video 18, jossa pyöräilijä on tulossa suojatielle, mutta jää odottamaan autoilijan ajaessa vihreän nuolivalon mukaisesti. Autoilijan tulee siis tietää, että nuolivalon palaessa kevyelle liikenteelle palaa punainen liikennevalo. Tarkkavaisuutta edellytetään kuitenkin siinä, noudattaako pyöräilijä punaista liikennevaloaan. Samankaltainen tilanne esiintyy videolla 4, jossa mopoilija tulee yllättäen sivutieltä autoilijan eteen. Myös vaaraton video 13, jossa esiintyy poliisiauto hälytysvilkut päällä, vaatii tilannetietoisuutta. Sen ajatuksena oli testata, osaako koehenkilö erottaa vaaratilanteen, hälytysvilkkujen tai poliisien näkemisen aiheuttamasta hämmennyksestä, mikä usein onkin poikkeustilanne liikenteessä, mutta ei kuitenkaan vaaraa aiheuttava tekijä. Lisäksi tilannetietoisuutta vaatii video 11, joka sisältää aivan tavallisia kaupunkiliikenteen tilanteita, joissa vaaraa ei ole. Tässä koehenkilöltä vaaditaan malttia ja tarkkavaisuutta havaitakseen, että liikennetilanteet kehittyvät sääntöjen mukaan ja siten, ettei vaaraa aiheuttavaa tekijää esiinny.

## 2.6 Ajoarvio -testi käytännössä

### 2.6.1 Koehenkilöt

Koehenkilöitä rekrytoitiin erilaisten sidosryhmien kautta. Tavoitteena oli saada otos mahdollisimman erilaisista henkilöistä niin taustansa, ikänsä ja ajokokemuksensa perusteella. Koehenkilöiden tuli olla vähintään 18-vuotiaita, eikä heillä saanut olla mitään diagnosoitua neurologista sairautta tai vammaa ja myös näön tuli olla normaali tai normaaliksi korjattu.

Tutkittavia rekrytoitiin autokouluryhmistä, kuljetusyritysten työntekijöistä, tuttavien työpaikoilta, sukulaisista, ystävistä. Tutkimus toteutettiin henkilökohtaisesti niin, että vapaaehtoiset ilmoittautuvat minulle sähköpostitse ja sovimme tapaamisen.

Testin aloituksessa varmistettiin kysymällä koehenkilön näkö, jonka tuli olla normaali tai normaaliksi korjattu. Myös erilaisten silmäsairauksien mahdollisuus kontrolloitiin kysymällä. Normaalina pidettiin B -ajokorttiluokan mukaisia näkövaatimuksia, joiden katsottiin täyttyvän, mikäli henkilöllä oli ajokortti. Myös erilaiset neurologiset vammat ja sairaudet kontrolloitiin kysymällä.

Koehenkilölle kerrottiin, että testiin osallistumisen on täysin vapaaehtoista ja, että heillä on oikeus keskeyttää testi koska tahansa. Koehenkilöille kerrottiin myös, että testiin osallistujat pysyvät täysin anonyymeina eli testituloksia ja testattavaa ei jälkikäteen yhdistetä toisiinsa.

Koehenkilöitä testattiin 65, joista karsittiin kolme henkilöä, joista yhdellä henkilöistä ilmeni mahdollinen aivovaurio, toisen osalta koe oli ennalta tuttu ja kolmannella oli kaihi. Lopulliseen otokseen saatiin 62, 18-68 vuotiasta henkilöä, joista 31 oli miehiä ja 31 naisia.

### 2.6.2 Laitteisto

Valittujen videoiden pohjalta rakennettiin internetpohjainen ohjelma. Testi toteutettiin kannettavan tietokoneen avulla, tavallista hiirtä käyttäen. Testausympäristönä toimi koehenkilön valitsema tila, kuten autokoulu, työpaikka, koehenkilön tai testaajan koti. Tietokoneen näyttö on 14 tuumaa, jossa videot näkyvät 26 x 14cm kokoisina. Katseluetäisyys oli noin 60 cm. Ohjelman aloitussivulla testistä kerrottiin sen tarkoitus ja testiä varten annettiin kattava ohjeistus. Itse testi salasanasuojattiin, jota sitä pääsisivät kokeilemaan ainoastaan kutsutut henkilöt.

### 2.6.3 Kokeen kulku

Koetilanteesta kerrottiin, kokeen kestävän noin 10-15 minuuttia ja kokeen tarkoituksesta selitettiin, että sen avulla testataan itse testin toimivuutta, ei koehenkilön taitoja. Ajatuksena on siis selvittää, voitaisiinko videopohjaisella testillä tutkia perusterveiden henkilöiden riskitilanteiden havaitsemista liikenteessä.

Testin aloituksessa koehenkilö ohjeistettiin istumaan mukavasti n. 60 cm:n etäisyydelle näyttöruudusta ja asettamaan kätensä hiiren päälle. Koehenkilöä opastettiin keskittymään videon katseluun siitä näkökulmasta, että he itse toimivat auton kuljettajina. Heidän tuli tarkkailla videolla näkyvää ympäristöä siten, että huomaavatko he tekijää, joka aiheuttaa vaaraa itselleen tai muille. Vaaraa aiheuttava tekijä voi siis olla henkilö, ajoneuvo tai eläin. Heti vaaratekijän havaitessaan koehenkilön tuli klikata hiiren vasemman puoleista painiketta missä tahansa näytöllä, jolloin video pysähtyy. Tämän jälkeen koehenkilön tuli hiiren osoittimella näyttää vaaratekijä ja klikata sen päällä, jolloin video lähti pyörimään uudelleen. Kaikissa videoissa vaaratekijää ei esiintynyt, jolloin koehenkilön ei tullut klikata ollenkaan.

Testin alussa kerättiin taustatietoja koehenkilöstä. Ohjelma kysyi koehenkilön iän, sukupuolen, ajokorttiluokan, ajovuodet ja vuosittaiset ajokilometrit. Tämän jälkeen testi lähti käyntiin esimerkkivideoilla, joilla esitettiin kokeen kulku ja malli siitä, miten koehenkilön tuli toimia testissä. Videoilla esiintyi riskitekijä, johon ilmestyi teksti tätä osoittamaan. Harjoitusosiossa oli myös video, jossa vaaraa ei esiinny, jotta koehenkilöt ymmärtäisivät, että klikkaus tehdään vasta, kun vaara havaitaan. Testi pysähtyi harjoitusosion jälkeen, jolloin varmistetaan, että koehenkilö on ymmärtänyt tehtävän. Tässä välissä koehenkilön oli mahdollista esittää myös kysymyksiä kokeen tekijälle. Testi lähti käyntiin vasta, kun koehenkilö klikkasi ok painiketta sen merkiksi, että oli valmis aloittamaan. Kokeessa esiintyi kokonaisuudessaan 20 videota, joissa osassa oli riskitekijä ja osassa ei. Testin loputtua koehenkilölle annettiin palautetta siten, että hän on tehnyt testin hyvin ja tuloksista päätellään itse testin toimivuutta, ei niinkään koehenkilön taitoja.

## 2.7 Tulosanalyysi

Testi sisälsi 13 riskitekijän sisältävää videota ja 7 riskitöntä videota ja siitä saatava suurin mahdollinen pistemäärä oli 20. Pisteen siis sai, mikäli klikkasi riskin sisältävässä videossa siihen asetetun aikaikkunan sisällä. Pisteen sai myös, jos ei klikannut lainkaan riskittömässä videossa

### 2.7.1 Datan analysointi

Aineisto koostui 62 koehenkilön suoriutumisesta 20 videon Ajoarvio -testissä. Koehenkilöiden taustamuuttujat on esitetty taulukossa 3.

*Taulukko 3. Taustamuuttujien luokittelu*

Taustamuuttujien luokittelu				
Arvo	1	2	3	4
Ikä	vuosina			
Sukupuoli	Mies	Nainen	Muu	
Ajokorttiluokka	Henkilöauto B	Kuorma-auto C		
Ajovuodet	Alle 1v	1-5v	6-15v	Yli 15v
Ajokilmetit	alle 5tkm/v (erittäin vähän)	5-10tkm/v (vähän)	10-20tkm/v (keskimääräisesti)	Yli 20 tkm/v (paljon)

Tutkimuksen päätarkoitus oli tarkastella, pystyykö testi erottelemaan koehenkilöitä toisistaan. Näin ollen tarkasteltiin koehenkilöiden taustamuuttujien ja testistä saadun kokonaispistemäärän yhteyttä korrelaation, regression ja varianssianalyysin avulla.

Haluttiin myös selvittää, voitaisiinko juuri tätä Hazard Perception -menetelmään perustuvaa Ajoarvio -testiä hyödyntää ajokyvyn arvioinnissa suomalaisessa liikenneympäristössä. Näin ollen tarkasteltiin vastaavatko siinä saadut tulokset aiempia tutkimuksia, joiden mukaan ajokokemus parantaa testisuoriutumista (mm. Finn & Bragg, 1986; McKenna & Crick 1991; Sagberg & Bjørnskau 2006), ja ikääntyminen heikentää sitä (Horswill ym. 2008; Underwood ym. 2005). Myös tätä tarkasteltiin korrelaation, regression ja varianssianalyysin avulla.

Lisäksi testin sisältämistä videoista tutkittiin, oliko seassa jokin, josta valtaosa tutkittavista saa 0 pistettä ja pyrittiin selvittämään, mistä tämä johtuu. Aineistosta kerättiin tietoa siis videokohtaisesti, pyrkien selvittämään, mittaavatko videot riskien havaitsemista vai onko seassa harhaanjohtavia videoita. Tässä auttoi ohjelman tallentama aika ensimmäisen klikkauksen kohdalla. Sen avulla pystyttiin tarkastelemaan, klikkaavatko koehenkilöt ohjelmaan asetetun aikaikkunan ulkopuolella. Mikäli näin tapahtui, pystyttiin tarkastelemaan syytä tähän ohjelman

tallentaman kuvan avulla. Kuva tallentui toisella klikkauksella merkitystä koehenkilön kokemasta riskitekijästä videolla. Näin pystyttiin tarkastelemaan, minkä tekijän koehenkilöt kokivat riskiä aiheuttavaksi juuri kyseisellä videolla. Myös oikean aikaikkunan sisällä tehdyissä havainnoissa oli mahdollista tarkastella, minkä tekijän koehenkilö määritteli riskiksi. Aineistosta tarkasteltiin myös koehenkilöiden iän, ajokorttiluokan ja ajokokemuksen yhteyttä klikkausajankohtiin ja siihen, minkä tekijän koehenkilö määritteli riskiksi.

Tilastolliset analyysit tehtiin IBM Statistics SPSS 25 ohjelmalla. Videoista muodostuvaa mahdollista faktorirakennetta tarkasteltiin R-ohjelman versiolla 3.5.0 (R Core Team, 2018). Tarkastelu toteutettiin eksploraatiivisella faktorianalyysillä käyttäen psych-pakettia (Revelle, 2018). Ekstraktointimenetelmänä käytettiin suurimman uskottavuuden estimointimenetelmää (maximum likelihood). Rotatointimenetelmänä käytettiin suorakulmaista Varimax-rotatiota, jossa faktorit saivat korreloida keskenään. Varimax-rotatioon päädyttiin, koska testin alaskaalojen kohdalla ei ollut selkeää teoreettista ajatusta siitä, että taustalla vaikuttaisi jokin yleinen tekijä. Rotatointi tehtiin käyttämällä GPArotation-pakettia (Bernaards & Jennrich, 2005).

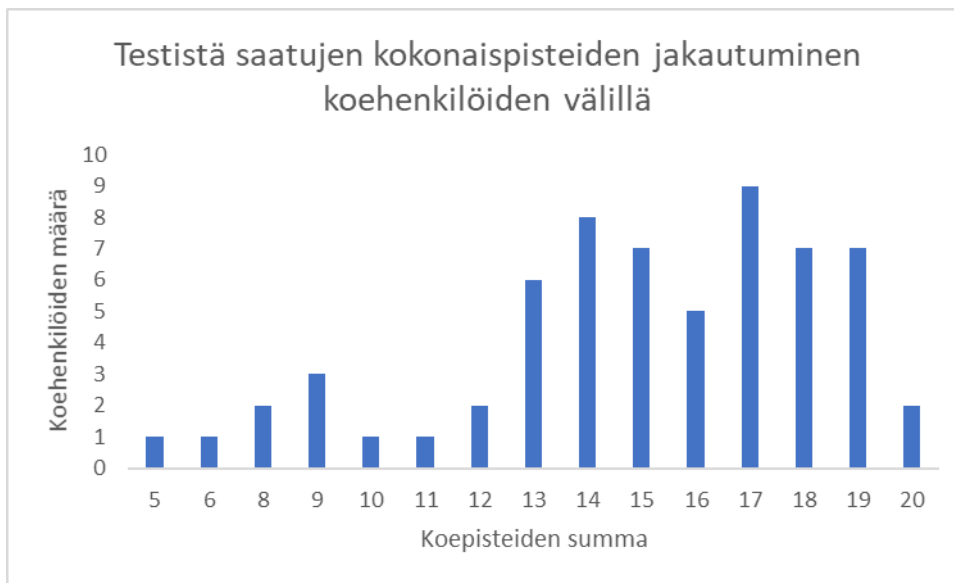
### 3. Tulokset

Koehenkilöt olivat iältään 18-68 -vuotiaita. Iän keskiarvo oli 42,92 v. ( $\pm 15,27$ v). Suurin osa koehenkilöistä (71 %) omasi yli 15 vuotta ajokokemusta. Koehenkilöistä 13 % ilmoitti ajaneensa 6-15 vuotta ja 10 % 1-5 vuotta. Alle vuoden ajokokemus oli vain 6 % koehenkilöistä. Valtaosalle koehenkilöistä (45 %) kertyi keskimääräisesti (10-20 tKm) ajokilometrejä vuodessa. 21 % ilmoitti ajavansa paljon (yli 20tKm/v), 23 % vähän (5-10 tKm/v) ja 11 % erittäin vähän eli alle 5 000 kilometriä vuodessa.

Kaikki koehenkilöt omasivat vähintään henkilöauton ajokortin ja lisäksi kuorma-auton ajokortin omasi 22 henkilöä.

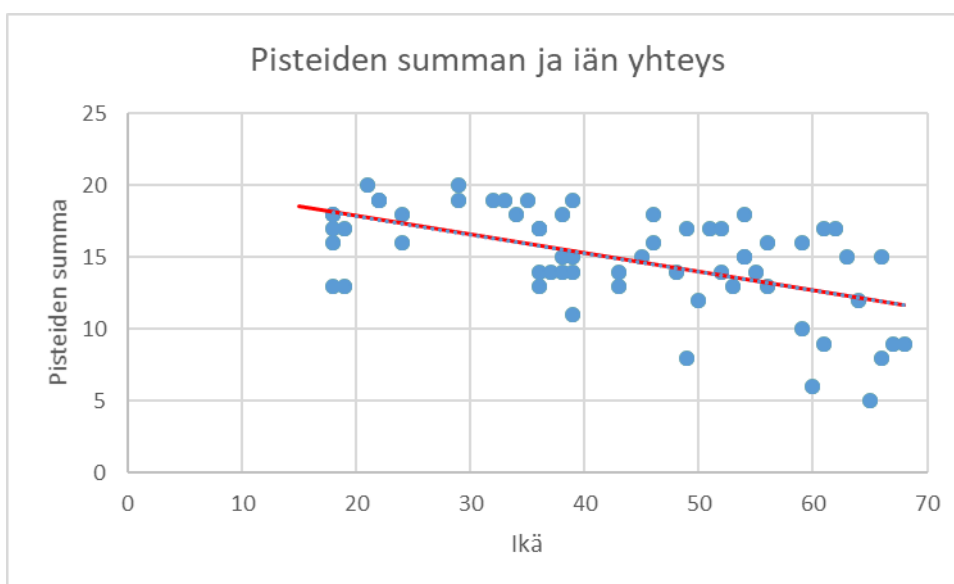
#### 3.1 Kokonaispisteiden määrä

Testin maksimipistemäärä oli 20. Kuvasta 5 voidaan nähdä, kuinka moni koehenkilöistä on saanut tietyn kokonaispistemäärän testistä. Kaikkien koehenkilöiden pisteiden keskiarvo oli 15 pistettä keskihajonnalla 3,49. Suurimman pistemäärän (20 pistettä) sai vain 3,2 % koehenkilöistä ja heikoin pistemäärä oli 6, minkä sai 1,6 % koehenkilöistä.



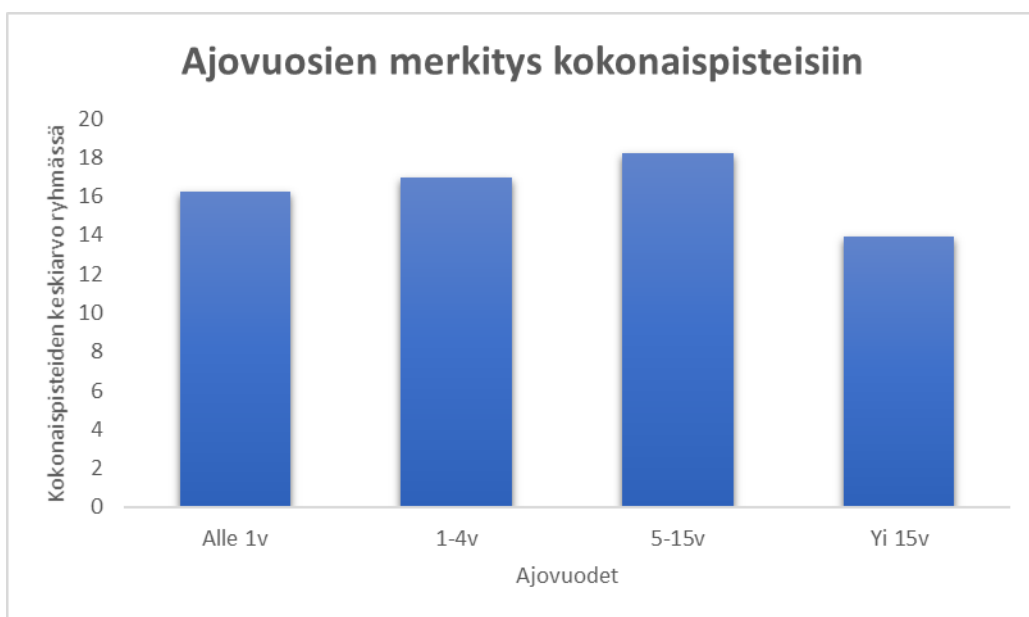
Kuva 5. Testistä saatujen kokonaispisteiden summan jakautuminen koehenkilöiden välillä.

Pisteiden summa jakaantuu laajasti eri koehenkilöiden välillä. Kuvasta 6 nähdään kuitenkin, että korrelaatio on lineaarinen ja melko voimakas. Tarkastelemalla korrelaatioita havaittiin iällä olevan vaikutus kokonaispisteiden summaan. Kuvasta 6 voidaan nähdä laskeva korrelaatio, joka korrelaatioanalyysin mukaan oli -0,561 eli kokonaispistemäärä laski iän kasvaessa. Korrelaatio oli myös tilastollisesti merkitsevä  $p < 0,001$ . Lineaarisen regressiomallin mukaan vaikutus oli myös tilastollisesti merkitsevä  $< 0,001$  ja ikä selitti 32 % kokonaispisteiden määrästä.



Kuva 6. Iän vaikutus pisteiden summaan.

Ajokilometrien ja -vuosien vaikutusta kokonaispisteisiin tarkasteltiin keskiarvojen kautta siten, että otettiin eri ajokilometri- ja ajovuosisiluokkiin kuuluvien koehenkilöiden kokonaispisteistä keskiarvot. Näin havaittiin, että ajovuodet vaikuttavat kokonaispisteisiin siten, että henkilöt, jotka ovat ajaneet liikenteessä 5-15 vuotta saivat korkeimmat pisteet testissä. Yli 15 vuotta ajaneet menestyivät heikoimmin, myös alle 1 vuoden ajaneet menestyivät heikommin, kuin 1-4 ja 5-15 vuotta ajaneet. Kuvasta 7 on nähtävissä eri ajovuosien omaavien henkilöiden testipisteiden summan keskiarvo.



Kuva 7. Ajovuosien vaikutus kokonaispisteiden summan keskiarvoon.

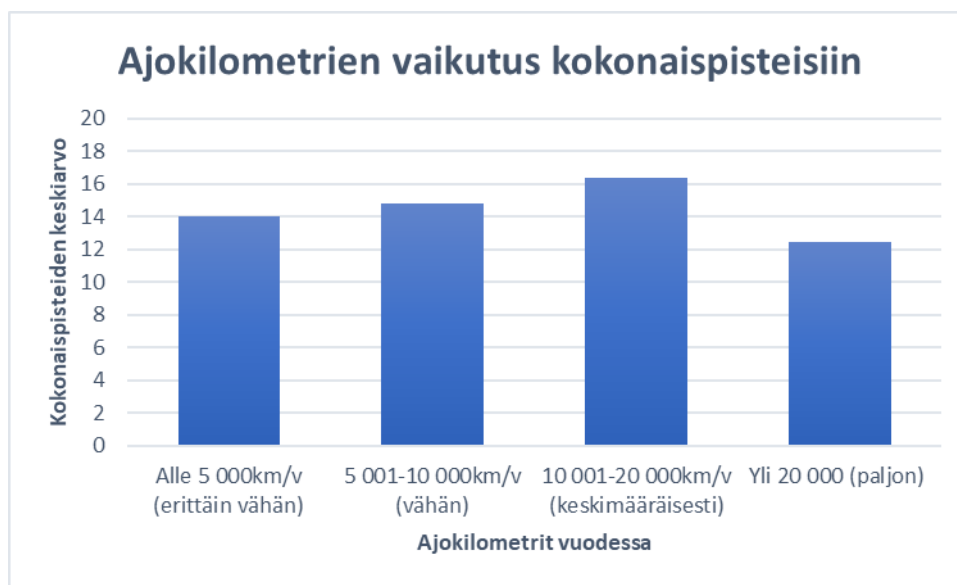
Kuvasta 7 nähdään, että erot eivät ole suuria, mutta taulukossa 4 esitettyjen varianssianalyysin tulosten perusteella havaittiin, että 1-4 vuotta ajaneet menestyivät testissä tilastollisesti merkitsevästi ( $p < 0,03$ ) paremmin kuin yli 15 vuotta ajaneet. Tilastollisesti merkitsevä ero ( $p < 0,001$ ) havaittiin myös verrattaessa 5-15 vuotta ajaneita yli 15 vuotta ajaneisiin. Alle vuoden ja yli 15 vuotta ajaneiden välillä ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.



Taulukko 4. Ajovuosien vaikutus kokonaispistemäärään.

Dependent Variable: Summa				
	B	Std. Error	t	Sig.
Referenssi:				
Yli 15v	13,932	0,476	29,248	0,000
Alle 1v.	2,318	1,650	1,405	0,165
1-4v	3,068	1,375	2,231	<b>0,030</b>
5-15v	4,318	1,214	3,556	<b>0,001</b>

Vuosittaiset ajokilometrit vaikuttivat myös kokonaispisteisiin pääasiallisesti kasvattavasti. Yli 20 000v ajavat saivat kuitenkin alhaisimpia pistemääriä, mutta ajokilometrit korreloivat voimakkaasti iän kanssa. Ikääntyneemmät henkilöt ilmoittivat siis selkeästi korkeampia vuosittaisia ajokilometrejä, kuin muut ikäryhmät. Kuvasta 8 voidaan nähdä ajokilometrin vaikutus kokonaispisteisiin.



Kuva 8. Vuosittaisten ajokilometrien vaikutus kokonaispisteisiin.

Keskimääräisesti ajavat saivat testistä parhaimmat pisteet. Taulukosta 5 nähdään, että ero paljon ajaviin on myös varianssianalyysin mukaan tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,001$ ).

Taulukko 5. Ajokilometrien vaikutus kokonaispistemäärään.

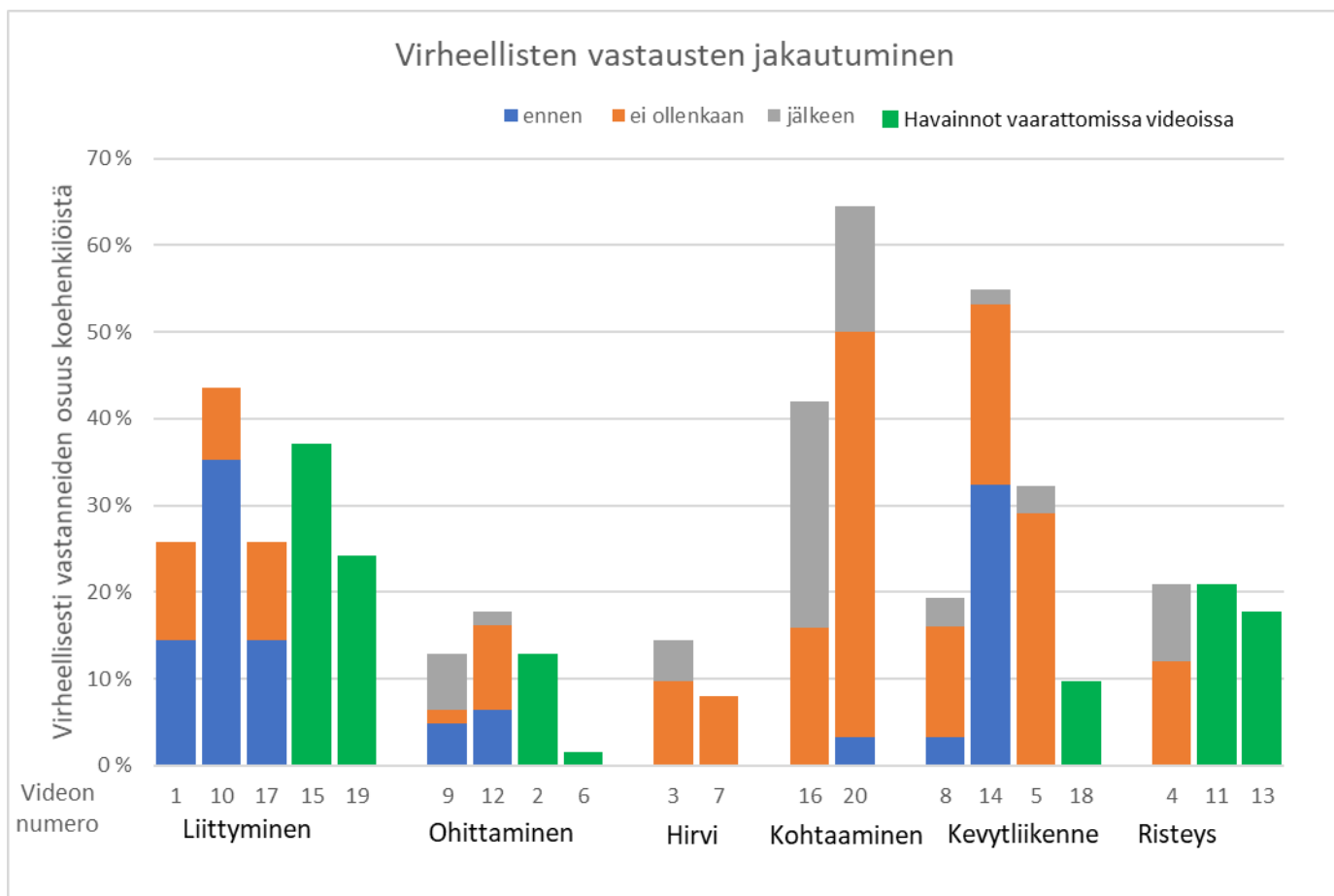
Dependent Variable: Summa				
	B	Std. Error	t	Sig.
Referenssi:	12,462	0,891	13,990	0,000
Paljon				
Erittäin vähän	1,538	1,506	1,022	0,311
Vähän	2,324	1,237	1,879	0,065
Keskimääräisesti	3,931	1,078	3,647	<b>0,001</b>

Sukupuolella ja ajokorttiluokalla ei havaittu olevan vaikutusta kokonaispistemäärään. Iän ja ajovuosien sekä ajokilometrien interaktioita tarkasteltiin korrelaatiomatriisin avulla. Sen perusteella ikä korreloi voimakkaasti ajovuosien ( $\text{cor } 0,783 \text{ } p < 0,000$ ), mutta ei ajokilometrien ( $\text{cor } 0,227 \text{ } p = 0,076$ ) kanssa. Parittaisten vertailujen avulla havaittiin kuitenkin, että iän ja ajovuosien interaktio koepistesummaan ei ollut tilastollisesti merkitsevä ( $p = 0,444$ ). Tulos varmistettiin vielä lineaarisen regressioanalyysin askeltavalla menetelmällä, jonka mukaan ajovuosien lisääminen analyysiin ei lisännyt regressioanalyysin selityssastetta tilastollisesti merkitsevästi ( $p = 0,146$ ).

### 3.2 Virheiden määrä videoilla

Testistä saatava tieto perustuu pitkälti videoilla tapahtuviin virheisiin. Niiden kautta pystytään tutkimaan koehenkilöiden toimintaa; keille virheitä tulee ja miksi? Videoiden, joissa virheitä tulee eniten, ajatellaankin olevan informatiivisimpia ja erottelukykyisimpiä Hazard Perception -menetelmään perustuvassa testissä (mm. Wetton ym., 2011 ja Meir ym., 2014).

Tästä syystä videoilla tapahtuneita virheitä tarkasteltiin erikseen eli laskettiin videokohtaisesti, paljonko virheitä tapahtui. Virhe katsotaan tapahtuneen, kun koehenkilö saa videosta 0 pistettä. Videot lajiteltiin aihepiireittäin ja virheellisesti vastanneiden koehenkilöiden osuus laskettiin videokohtaisesti. Myös virheen ajankohta määriteltiin, eli saako koehenkilö nolla pistettä, koska hän klikkaa liian aikaisin, liian myöhään vai siksi, ettei hän klikkaa ollenkaan. Vaarattomissa videoissa nolla pistettä saa, mikäli klikkaa videoilla (kuva 9).



Kuva 9. Virheellisten vastausten jakautuminen aihealueittain.

Kuvasta 9 nähdään, että virheet jakautuvat melko monipuolisesti niin videoittain, kuin aihealueittainkin. Virheitä tarkasteltiin lähemmin videokohtaisesti.

Tilannekuvissa (kuvat 10-24) esiintyvä punainen ympyrä kuvastaa kohtaa, jossa koehenkilöt ovat klikanneet toisella kertaa paikantaessaan vaaratekijää. Ympyrät piirrettiin kuviin asettamalla kuvat, joissa koehenkilöt määrittelivät videolla esiintyvää riskitekijää, päällekkäin tietokoneohjelmalla ja katsomalla mihin ympyrät pääasiallisesti asettuivat.

### 3.2.1 Liittyminen

Liittymisvideot osoittautuivat haastaviksi koehenkilöille. Jokaisessa liittymisvideossa yli 20 % koehenkilöistä teki virheen. Videolla 10 on sivutieltä liittyvä auto, joka aiheuttaa vaaratilanteen (kuva 10). 8 % koehenkilöistä ei havaitse tätä lainkaan.



*Kuva 10. Videon 10 vaaraa aiheuttava ajoneuvo.*

Koehenkilöistä 35 % sai videosta 10, 0 pistettä reagoidessaan ennen kuin se on nähtävissä. Kuvasta 11 nähdään, että valtaosa koehenkilöistä oli kuitenkin määrittänyt vaaratekijän oikein, mutta heidän reagoidessaan kyseinen auto on videolla vielä täysin paikoillaan risteyksessä. Risteyksessä paikoillaan oleva auto ei aiheuta vaaratilannetta, joten tässä tilanteessa liian aikainen reaktio on virhe. Vaara aiheutuu vasta kun sivutieltä tuleva auto lähtee liikkeelle, kamera-auton eteen, joten koehenkilön olisi tullut maltaa ja seurata lähtekö kyseinen auto liikkeelle, aiheuttaen vaaran.



*Kuva 11. Liian aikaisin merkitty vaaratekijä videolla 10.*

Liittymisvideossa 17 vaaratilanteen aiheuttaa kaistaa vaihtava ajoneuvo (kuva 12). Videosta nolla pistettä sai 26 % koehenkilöistä. 11 % ei havainnut videolla riskiä lainkaan ja 14 % klikkasi liian aikaisin. Video etenee rauhallisesti, mutta tilanne kehittyy nopeasti, kun sivulta lähestyvä ajoneuvo liittyy yllättäen näkyvissä olevalle kaistalle.



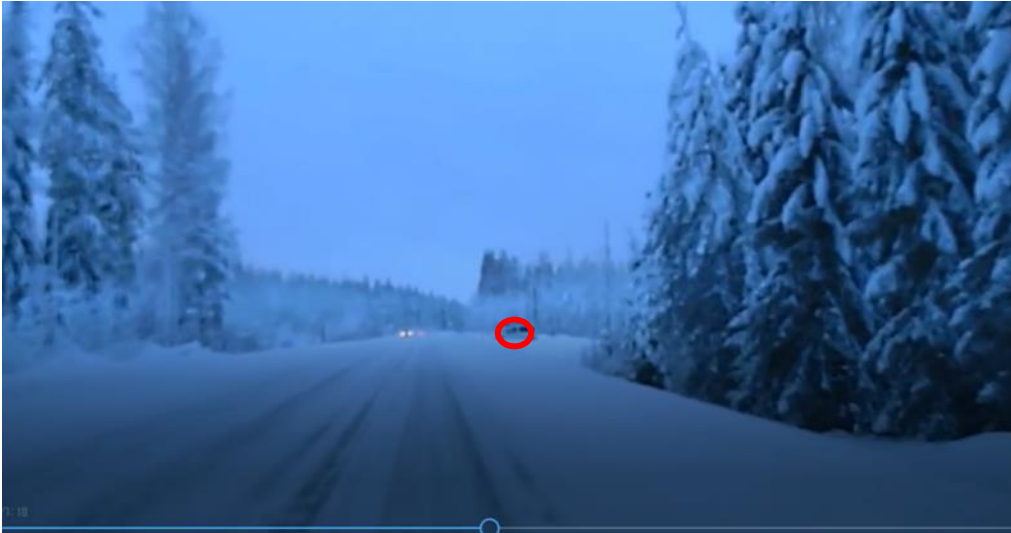
*Kuva 12. Vaaraa aiheuttava ajoneuvo videolla 17.*

Vaarattomissa liittymisvideoissa 15 ja 19 tuli myös paljon virheitä. Videolla 15 klikkasi 37 % koehenkilöistä, vaikka siinä ei esiinny vaaratekijää. Kuvasta 13 on havaittavissa tilanteen samankaltaisuus videon 10 (kuva 11) kanssa. Koehenkilöiden vaaratekijäksi merkitsemä ajoneuvo ei kuitenkaan lähde tällä videolla liikkeelle ja paikoillaan risteyksessä oleva auto ei aiheuta vaaratilannetta.



*Kuva 13. Virheellisesti vaaratekijäksi merkitty risteyksessä paikoillaan oleva auto videolla 15.*

Samankaltainen tilanne toistuu videossa 19 (kuva 14), jossa sivutieltä liittyvä auto ei lähde liikkeelle videon edetessä.



*Kuva 14. Virheellisesti vaaratekijäksi merkitty risteyksessä paikoillaan oleva auto videolla 19.*

### 3.2.2 Ohittaminen

Ohitusvideoista eniten virheitä tuli videossa 12 (kuva 15), jossa ohitettava ajoneuvo lähtee virheellisesti myös ohittamaan edellään olevaa ajoneuvoa. 10 % koehenkilöistä ei havainnut vaaraa videolla lainkaan.



*Kuva 15. Vaaraa aiheuttava ajoneuvo videolla 12.*



### 3.2.3 Hirvi

Hirvivideoista ensimmäinen (kuva 16) osoittautui hankalammaksi koehenkilöille. Heistä 10 % ei klikannut videolla ollenkaan ja 5 % klikkasi liian myöhään.



Kuva 16. Videon 3. vaaraa aiheuttava tekijä.

### 3.2.4 Kohtaaminen

Selkeästi eniten virheitä (65 %:lle koehenkilöistä) tapahtui videossa 20 (kuva 17). Näistä suurin osa (47 %), johtui siitä, että koehenkilö ei ollut klikannut ollenkaan. 3 % koehenkilöistä klikannut liian aikaisin, ja 15 % koehenkilöistä liian myöhään.



Kuva 17. Videon 20 kamera-auton kaistalla oleva vastaantuleva auto.

Myös toinen kohtaamisvideo (16) osoittautui haastavaksi (kuva 18). Koehenkilöistä 16 % ei havainnut vaaraa ja 26 % havaitsi vaaratekijän liian myöhään.



Kuva 18. Vaaratekijä videolla 16.

### 3.2.5 Jalankulkija

Yli puolelle koehenkilöistä (55 %) tapahtui virhe myös videossa 14. Varsinainen vaaratilanne videolla syntyy, kun jalankulkija lähtee ylittämään tietä punaisen valon palaessa hänelle (kuva 19). Koehenkilöistä 21 % ei havainnut videolla vaaraa lainkaan.



Kuva 19. Vaaraa aiheuttava tekijä videolla 14.



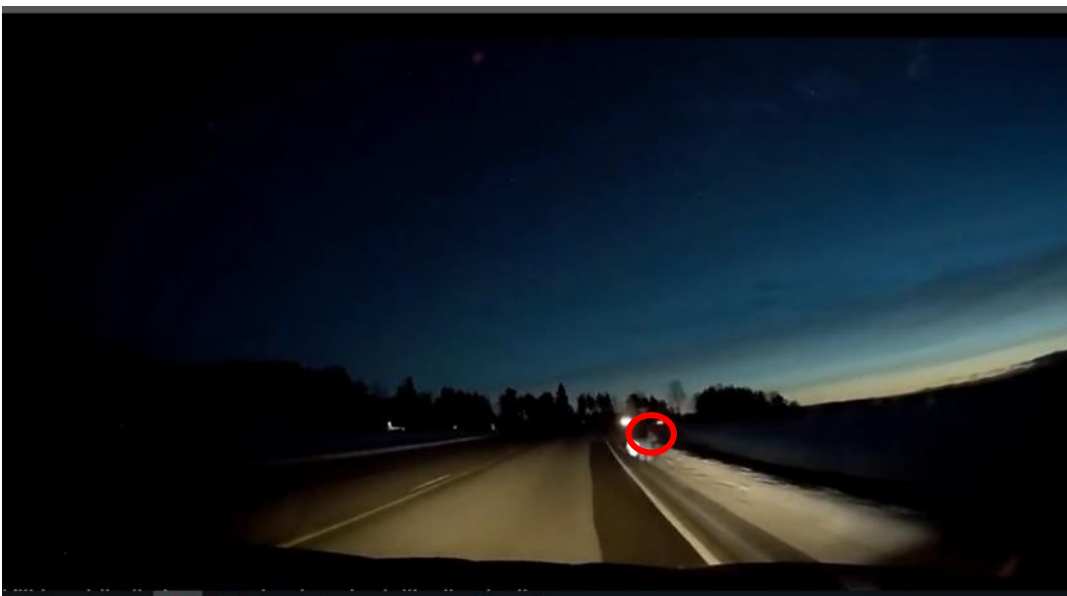
Tällä videolla suurin osa virheistä (32 %) tapahtui kun koehenkilö klikkasi liian aikaisin. Videolla esiintyy tietä ylittävä jalankulkija jo ennen kuin riskiksi määritelty tekijä näkyy (kuva 20).

Tilanteessa ajoneuvon vauhti on kuitenkin hiljainen ja jalankulkija ehtii turvallisesti ylittämään tien.



*Kuva 20. Virheellisesti määritetty vaaratekijä videolla 14.*

Jalankulkijavideolla 5, nolla pistettä sai 32 % koehenkilöistä. Tilanne on yllättävä, koska jalankulkija kulkee pimeään tien sivussa ja on heikosti havaittavissa (kuva 21). 29 % koehenkilöistä ei klikannut ollenkaan ja 3 % kun jalankulkija oli mennyt jo ohitse.



*Kuva 21. Vaaraa aiheuttava tekijä videolla 5.*

Jalankulkija videossa 8 (kuva 22) virheitä tuli 19 %:lle. 13 % ei havainnut riskiä ollenkaan ja 3 % klikkasi liian aikaisin tai myöhään. Videolla kaksi lasta juoksee suojatiellä pysäköidyn auton takaa.



*Kuva 22. Vaaraa aiheuttava tekijä videolla 8.*

Risteysvideoista 4 ja 11 osoittautuivat hankalimmiksi koehenkilöille. Videossa 4 mopoilija tulee sivutieltä autoilijan eteen (kuva 23), mistä nolla pistettä sai 21 % koehenkilöistä. 12 % ei havainnut vaaraa ja 9 % klikkasi liian myöhään.



*Kuva 23. Vaaraa aiheuttava tekijä videolla 4.*

Videolla 11 (kuva 24) on normaali kaupunkiliikenteen tilanne, mutta 21 % koehenkilöistä klikkasi videolla. Valtaosa heistä koki risteävää tietä lähestyvän ajoneuvon riskiksi, vaikka kyseessä oli liikennevalo-ohjattu risteys ja risteävää tietä lähestyvälle autolle paloivat punaiset liikennevalot.



Kuva 24.. Virheellisesti havaittu vaaratekijä videolla 11.

### 3.3 Testivideoiden psykometrinen rakenne

Ajoarvio -testin videoiden rakennetta tarkastelevat analyysit tehtiin aluksi niin, että kaikki 20 videota (taulukko 1) olivat mukana tarkasteluissa. Rinnakkaisanalyysin tulosten perusteella testivideot rakentuivat viidelle faktorille. Ennen lopulliseen malliin pääytymistä rakennevaliditeettia tarkasteltiin vertailemalla 3, 4 ja 5 faktorin ratkaisujen tuloksia. Sopivuusindeksien mukaan 5 faktorin malli sopi aineistoon ( $TLI > 1$ ;  $RMSEA < 0,05$ ), mutta se ei ollut tulkinnallisesti selkeä, koska monet videoista latautuivat usealle faktorille. Vaikka myös 4 faktorin ratkaisu sopi aineistoon sopivuusindeksien perusteella ja oli tulkinnallisestikin jo selkeämpi, päädyttiin lopulta tulkinnallisesti vielä selkeämpään 3 faktorin ratkaisuun (taulukko 6), jossa myös Tucker Lewis -sopivuusindeksin ja RMSEA indeksin mukaan malli sopi hyvin aineistoon ( $TLI > 1$ ;  $RMSEA < 0,05$ ).

Taulukko 6. Videoiden latautuminen kolmelle faktorille.

	ML1	ML2	ML3	Kommunaliteetti
Hirvi (3)	0,78			0,729
Risteys (4)	0,65			0,444
Jalankulkija (5)	0,55			0,313
Liittyminen (17)	0,52		0,34	0,452
Hirvi (7)	0,5			0,338
Ohittaminen (12)	0,34			0,187
Ohittaminen (9)				0,068
Liittyminen ev (15)		0,7		0,489
Risteys ev (11)		0,57		0,35
Liittyminen ev (19)		0,5		0,251
Ohittaminen ev (2)		0,43		0,265
Risteys ev (13)	0,31	0,4		0,259
Risteys ev (18)	0,31	0,39		0,258
Liittyminen (10)			0,73	0,582
Kohtaaminen (20)			0,45	0,218
Jalankulkija (14)			0,31	0,188
Kohtaaminen (16)			0,31	0,117
Jalankulkija (8)				0,183
Liittyminen (1)				0,133
Ohittaminen ev (6)				0,08
Ominaisarvo	2,5	1,99	1,41	
Selitysosuus %				45,40 %
Cronbachin alfa	0,745	0,672	0,499	

(Huom. Vain ne lataukset näytetään, jotka ovat itseisarvoltaan suurempia kuin 0.30, ev tarkoittaa videota, jossa ei ole vaaraa)

Taulukosta 6 nähdään, että nopeasti kehittyviä tilanteita sisältävät hirvi- (video nro. 3), risteys- (mopoilija video nro. 4), jalankulkija- (tiensivussa video nro. 5) ja liittymisvideot (nro. 17), sekä ohitusvideo 12 ja hirvivideo (7) latautuvat samalle faktorille 1. Myös vaarattomilla risteysvideoilla 13 ja 18 on lataus tälle faktorille. Videolla 13 on vaaraton tilanne, jossa esiintyy poliisiauto hälytysvalot päällä ja videolla 18 pyöräilijä on tulossa suojatielle, mutta pysähtyy autolijan ajaessa vihreän nuolivalon mukaisesti. Nämä tilanteet vaativat koehenkilöltä tarkkaavaisuutta, jotta he havaitsevat, ettei vaaraa esiinny. Toiselle faktorille latautuvat liittymisvideot 15 ja 19, sekä aiemmin käsittelemättömät videot 2 ja 11, jotka ovat niin ikään vaarattomia videoita, toinen kaupunkiliikenteessä ja toinen moottoritietä. Myös videot 13 ja 18 latautuvat tällekin faktorille. Viimeisellä faktorille latautuvat liittymisvideot 17 ja 10, sekä kohtaamisvideot 20 ja 16.

Faktorin ja muuttujan välisen latauksen itseisarvo kuvaa, kuinka hyvin faktori selittää kyseisen muuttujan vaihtelua (Nummenmaa, 2009). Kuten taulukosta 6 nähdään, lähes kaikki alaskaalojen lataukset olivat itseisarvoltaan hyviä. Heikoimmat lataukset olivat videoilla 13 ja 18. Kommunaliteettien avulla voidaan puolestaan tarkastella, kuinka hyvin koko faktorimalli selittää yksittäisen muuttujan vaihtelua, ja jotta faktoriratkaisulla voidaan tyydyttävästi selittää muuttujan vaihtelua, tulisi kommunaliteetin olla vähinään 30 (Nummenmaa, 2009). Kuten taulukosta 6 nähdään, 3 faktorin faktoriratkaisu selitti kaikkien muiden alaskaalojen vaihtelua vähintään tyydyttävästi, mutta risteysvideoiden 13 ja 18, ohittamis- (2), liittymis-(19) ja kohtaamisvideoissa (20) kohdalla kommunaliteetit jäivät alhaisiksi. Malli siis selitti niiden vaihtelua huonoiten. Parhaiten malli selitti hirvivideon 3 ja liittymisvideon 10 vaihtelua. Kolmen faktorin malli selitti alaskaalojen kokonaisvaihtelusta 45,4 %. Kolmen faktorin mallin perusteella muodostettujen faktoripistemuuttujien reliabiliteetteja tarkasteltaessa huomattiin, että reliabiliteetit olivat suhteellisen hyviä (taulukko 6). Korkein reliabiliteetti oli faktorilla 1 ( $\alpha = .745$ ). Alhaisin reliabilitetti puolestaan oli faktorilla 3 ( $\alpha = .499$ ).

### 3.4 Vastausherkkyys ja vaaratekijän määrittäminen

Koehenkilöiden vastausherkkyttä tarkasteltiin vaarattomien videoiden avulla siten, että aineistosta poimittiin erilleen koehenkilön saamat pisteet vaarattomissa videoissa. Tämän jälkeen aineistosta poimittiin koehenkilöt, jotka olivat reagoineet muihin, vaaran sisältämiin, videoihin liian aikaisin. Aineistosta jätettiin pois koehenkilöt, jotka eivät olleet reagoineet lainkaan. 62 koehenkilöstä 76 % oli reagoinut liian aikaisin ainakin jollakin videoista. Taulukosta 7 nähdään, kuinka paljon he saivat pisteitä vaarattomista videoista. On kuitenkin havaittavissa, että liian aikaiset reaktiot eivät ole yhteydessä alhaiseen pistemäärään eli virheellisiin reaktioihin vaarattomissa videoissa.

Taulukko 7. Liian aikaisten reaktioiden yhteys virheellisiin reaktioihin vaarattomissa videoissa.

Vaarattomista videoista saadut yhteispisteet henkilöillä, jotka ovat reagoineet liian aikaisin vaaratekijään muilla videoilla		
Pisteet	Frekvenssi	%
1	2	4,3 %
2	0	0,0 %
3	2	4,3 %
4	7	14,9 %
5	11	23,4 %
6	9	19,1 %
7	16	34,0 %
Yhteensä	47	100 %

Suurin osa (34 %) liian aikaisin muilla videoilla reagoineista koehenkilöistä sai kuitenkin pisteen jokaisesta vaarattomasta videosta.

Myöskään lineaarisen regressioanalyysin mukaan reagoinnin ajankohta ei selittänyt vaarattomilla videoilla saatuja pisteitä (taulukko 8).

Taulukko 8. Regressioanalyysi reagointiajan yhteydestä pisteisiin vaarattomilla videoilla.

ANOVA <sup>a</sup>					
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	25,556	13	1,966	0,771	,683 <sup>b</sup>
Residual	84,146	33	2,550		
Total	109,702	46			

a. Dependent Variable: Vaarattomien videoiden pistesumma

b. Predictors: (Constant), Reaktioajat 1, 3,4,5,7,8,9,10,12,14,16,17,20

Videoilta tarkasteltiin myös vaaratekijöitä, jotka koehenkilö merkitsi toisella klikkauksella.

Testiohjelma piirsi punaisen ympyrän koehenkilön klikkaaman kohdan ympärille. Pääasiallisesti ympyrät sijaitsivat yhtenevillä alueilla videokohtaisesti eli videolla esiintyvän tietyn tekijän päällä. Koehenkilöt olivat siis useimmiten merkinneet saman tekijän vaaraa aiheuttavaksi. Ainoastaan jalankulkijavideolla 14 liian aikaisin klikanneet määrittivät vaaraa aiheuttavaksi eri tekijän, kuin oikea-aikaisesti klikanneet.

## 4. Pohdinta

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, voitaisiinko Hazard Perception -menetelmään perustuvalla Ajoarvio -testillä mitata koehenkilöiden kykyä ennakoida ja havaita riskitilanteita liikenteessä. Ensimmäinen hypoteesi oli, että testin avulla pystytään erottelamaan koehenkilöitä toisistaan. Toisena hypoteesina oli, että kokeneet kuljettajat selviytyvät testistä kokemattomia paremmin, mutta ikääntyminen heikentää testitulosta. Molemmat hypoteesit toteutuivat. Koehenkilöiden kokonaispistemäärien hajonta oli melko laajaa, joten eroavaisuuksia koehenkilöiden välillä oli havaittavissa. Ajovuodet vaikuttivat positiivisesti testitulokseen ja ajokilometrien osalta keskimääräisesti ajavat menestyivät parhaiten. Iän ja pistesumman välillä havaittiin myös selkeä laskeva korrelaatio (-0,561) eli koehenkilön ollessa iäkkäämpi sai hän testissä vähemmän pisteitä. Tulokset ovat yhdenmukaisia aiempien HP -menetelmään perustuvien testien validointitutkimusten kanssa, joiden mukaan ajokokemus parantaa testissä suoriutumista ja ikääntyneet kuljettajat menestyvät siinä heikoiten (Preece ym. 2010 & Scialfa ym. 2014).

### 4.1 Videokohtainen tarkastelu

Videokohtaisen tarkastelun perusteella Ajoarvio -testissä eniten virheitä tuli kohtaamis- ja jalankulkijavideoissa, sekä liittymisvideoissa. Vähiten virheitä esiintyi hirvivideoissa. Ohittamis- ja risteysvideoissa virheiden määrä jäi myös melko alhaiseksi.

Kohtaamis- jalankulkija- ja liittymisvideot vaativat koehenkilöiltä ennakointi- ja liikennetilanteen lukutaitoa. Niissä esiintyvät vaaraa aiheuttavat tilanteet kehittyivät liikenteen rytmin mukaisesti ja koehenkilön tuli malttaa seurata ja havainnoida tilanteen muodostumista. Virheiden määrää tarkastellessa esiin nousivat kohtaamisvideot, jossa vastaantuleva auto lähestyy kamera-auton kaistaa (16 ja 20) ja video, jossa jalankulkija ylittää tien punaista päin (14). Videolla 20 väärää kaistaa lähestyvän ajoneuvon havaitseminen vaatii erityisen tarkkaa dynaamista näköä ja päätöksen tekoa. Tilanne kehittyy vähitellen, mutta on kuitenkin nopeasti ohitse. Videon kohdalla 0 pistettä sai yli puolet koehenkilöistä. Myös toinen kohtaamisvideo (16), jossa vastaan tuleva ohittaja lähestyy väärää kaistaa osoittautui haastavaksi, tässä 42 % koehenkilöistä teki virheen. Tilanne vaatii myös dynaamista näköä ja tarkkaavaisuutta, mikä on havaittavissa siitä, että koehenkilöistä 16 % ei havainnut vaaraa lainkaan ja 26 % havaitsi vaaratekijän liian myöhään.

Vaikka reaktionopeuden mittaaminen ei ole HP -menetelmään perustuvan testin päätarkoitus, sisältävät testit usein myös puhtaasti reagointia vaativia videoita (Wetton ym. 2011), koska reaktiokyvyllä ja -nopeudella on kuitenkin merkittävä rooli liikenteessä (Rajalin & Keskinen, 2002). Ajoarvio -testissä reaktionopeutta mittasivat hirvivideot (3 ja 7), sekä video (5), jossa jalankulkija kävelee ilman heijastimia tiensivussa. Videoissa vaaraa aiheuttava tekijä ilmestyy nopeasti, mutta on selkeä, joten se ei vaadi tilannetietoisuutta, hyvä reaktionopeus riittää. Jalkakulkija (videossa 5) jäi havaitsematta yli 30%:lla koehenkilöistä, mutta hirvivideoissa (3 ja 7) virheiden määrä jäi melko alhaiseksi.

Videossa (14), jossa jalankulkija ylittää tien punaisilla liikennevaloilla epäonnistui yli puolet koehenkilöistä. Videon ajateltiin mittaavan koehenkilön vastausherkkyyttä, koska siinä menestyminen vaatii malttia. Koehenkilön tuli olla kilkkaamatta ensimmäisen, vaarattoman jalankulkijan, ilmestyessä näkyviin, mutta havaita toisen jalankulkijan eteneminen päin punaista valoa. Oletamus videon kyvystä mitata koehenkilön vastausherkkyyttä ei kuitenkaan saanut tukea.

Liittymisvideoissa virheet jakautuivat tasaisesti huolimatta siitä, oliko videolla vaaraa vai ei. Liikenteessä vaarojen havaitseminen ja niiden mukaan toimiminen edellyttää tilannetietoisuutta (Horswill & McKenna, 2004), mikä korostui Ajoarvio -testissä liittymisvideoiden kohdalla. Esimerkiksi videolla 10 sivutiellä paikoillaan olevaan autoon reagoi 35 % koehenkilöistä. Vastaavanlaisessa videossa 15 paikoillaan olevaan autoon reagoi jopa 37 % ja videossa 19, 24 % koehenkilöistä. Videoiden erona on se, että videossa 10 auto todella lähtee liikkeelle aiheuttaen vaaratilanteen, kun taas videoilla 19 ja 15 auto ei lähde liikkeelle vaan vaaratilanteen aiheuttaisi koehenkilö reagoidessaan aiheettomasti paikoillaan olevaan ajoneuvoon.

Virheiden kautta videoita tarkastellessa havaittiin, että virheet liittyivät eniten ennakointi- ja tarkkaavaisuusvirheisiin, sekä prosessointinopeuteen ja tilannetietoisuuteen. Tämä ilmeni erityisesti liittymisvideoissa tapahtuvana ennenaikaisena tai virheellisenä reagointina, sekä havaintojen puuttumisena tai myöhästymisenä kohtaamisvideoissa.



#### 4.1.1 Vaarattomat videot

Ajoarvio -testiin sisällytetyt vaarattomat videot tehostavat koehenkilöiden valppautta ja lisäävät testin erottelukykä (Wetton ym 2011). Näin ollen testiin sisällytettiin vaarattomia videoita, jotta koehenkilöt keskittyisivät paremmin todellisen vaaran havaitsemiseen, eivätkä klikkaisi, kun vaaraa ei ole. Vaarattomien videoiden ajateltiin myös mittaavan koehenkilöiden vastausherkkyyttä. Tällöin siis herkimmin reagoivat menestyisivät heikoiten juuri vaarattomissa videoissa. Tämä oletamus ei kuitenkaan saanut tukea. Vaikka useat liian aikaisin reagoineet jäivät pisteittä myös vaarattomissa videoissa, ei yhteys ollut tilastollisesti merkitsevä. Vaarattomilla videoilla oli kuitenkin merkittävä rooli Ajoarvio -testin erottelukykä arvioitaessa, tämä ilmeni testin psykometrisestä rakenteesta.

#### 4.1.2 Vastausherkkyyys

Kun koehenkilö klikkasi ennen kuin vaaratekijä oli havaittavissa, ajateltiin tämän johtuvan osaltaan koehenkilön vastausherkkyydestä. Tästä syystä ennenaikaisten reaktioiden yhteyttä verrattiin klikkauksiin vaarattomilla videoilla. Ajatuksena oli, että vastaushervät koehenkilöt reagoivat herkästi havaitessaan mitä tahansa videolla, jolloin he klikkaavat jo ennen kuin riski on havaittavissa ja todennäköisesti myös, kun riskiä ei esiinny lainkaan. Tarkastelun perusteella koehenkilöstä 76 % oli reagoinut liian aikaisin jollakin videoista. Heistä kuitenkin suurin osa (34 %) sai pisteen kaikissa vaarattomissa videoissa, eikä yhteyttä ennenaikaisen reagoinnin ja vaarattomalla videolla reagoinnin välillä havaittu. Näin ollen ennenaikaisia reaktioita ei voida suoraan selittää vastausherkkyydellä.

#### 4.1.3 Testivideoiden rakenne

HP -menetelmään perustuvalla testillä pyritään mittaamaan koehenkilöiden ennakkointia, tarkkaavaisuutta, reaktio- ja prosessointinopeutta, visuaalista hahmotuskykyä, dynaamista näköä ja huomion kohdentamista (Scialfa, 2014). Ajoarvio -testin videoiden jakautuessa kolmelle faktorille pystyttiin tarkastelemaan, mitä eri faktoreille asettuvat videot pääasiallisesti mittaavat. Näistä ensimmäisen tulkittiin keskittyvän reaktio- ja prosessointinopeuteen, sille latautuvien videoiden hektisyyden perusteella. Myös tarkkaavaisuudella on merkitystä, faktorille latautuvien

videon (12), jossa ohitettava auto lähtee myös ohitukseen, sekä poliisiauton sisältävän videon (13) ja liikennevalo-ohjatun risteystilanteen sisältävän videon (18) perusteella. Tarkkaavaisuuden tulkittiin korostuvan kuitenkin enemmän faktorille 2 latautuviissa videoissa. Kaikki tälle faktorille latautuvat videot ovat vaarattomia, minkä havaitsemiseen tarvitaan tarkkaavaisuutta ja tilannetietoisuutta. Faktorille 3 latautuu liittymisvideot 17 ja 10, joissa molemmissa sivulta liittyy auto kamera-autoa kohti, kohtaamisvideot 16 ja 20, sekä jalankulkija video 14. Näiden tilanteiden havaitsemiseen ajateltiin vaadittavan dynaamista näköä ja visuaalista hakua. Tilanteiden kehittymisen seuranta taas edellyttää ennakointikykyä. Näiden päätelmien perusteella faktorit nimettiin niitä parhaiten kuvaavilla ominaisuuksilla ja latauksista poimittiin vain voimakkaimmin faktorille latautuvat. Taulukossa 6. analyysistä on poistettu videot, joiden kommunaliteetti jää alle ,2 ja videot, jotka eivät lataudu millekään faktorille. Päällekkäisistä latauksista valittiin voimakkaammat.

*Taulukko 9. Kolmelle faktorille parhaiten latautuvat videot.*

	Reaktio- ja prosessointi- nopeus	Tarkkaavaisuus ja tilannetietoisuus	Ennakointi ja dynaaminen näkö	Kommunaliteetti
Hirvi (3)	0,78			0,729
Risteys (4)	0,65			0,444
Jalankulkija (5)	0,55			0,313
Liittyminen (17)	0,52			0,452
Hirvi (7)	0,50			0,338
Liittyminen ev (15)		0,7		0,489
Risteys ev (11)		0,57		0,35
Liittyminen ev (19)		0,50		0,251
Ohittaminen ev (2)		0,43		0,265
Risteys ev (13)		0,40		0,259
Risteys ev (18)		0,39		0,258
Liittyminen (10)			0,73	0,582
Kohtaaminen (20)			0,45	0,218
Ominaisarvo	2,5	1,99	1,41	
Selitysosuus %				45,40 %
Cronbachin alfa	0,745	0,672	0,499	

(Huom. Vain ne lataukset näytetään, jotka ovat itseisarvoltaan suurempia kuin 0.30 ja kommunaliteetiltään >,2. Päällekkäisistä latauksista näytetään voimakkaammat)

Testivideoiden psykometristä rakennetta tarkastellessa videoiden tulkittiin siis jakautuvan kolmeen kategoriaan. Näistä ensimmäisen tulkittiin mittaavan koehenkilön reaktio- ja

prosessointinopeutta, toisen tarkkaavaisuutta ja tilannetietoisuutta ja kolmannen ennakointia ja dynaamista näköä. Psykometrisen rakennetarkastelun mukaan informatiivisimpia videoita tässä testissä oli 13/20, mukaan lukeutuen 6/7 vaaratonta. Sisäiseltä validiteetiltään riittävän HP - menetelmään perustuvan testin tulisi sisältää keskimäärin 15 videota riskitilanteista (McKenna & Horswill, 1997; Wetton, Hill & Horswill, 2011), joten Ajoarvio -testin kehitykseen kaivataan lisää videoita.

## 4.2 Jatkosuunnitelmat

Suomessa väestö ikääntyy ja sen myötä myös liikenteessä liikkuvien ikääntyneiden henkilöiden määrä kasvaa. Lain ajokorttilain muuttamisesta (2018) mukaan myös ajokykyyn liittyvät lääkärintarkastukset korvataan hakijan omalla vakuutuksella ajokyvystä ja myös ennen voimassa olleet 45-vuotiaiden näkökyvyn tarkastukset lakkautetaan. Samalla kuitenkin lisätään lääkäreiden ilmoitusvelvollisuutta heidän havaitessaan ajokykyyn vaikuttavia ongelmia asiakkailleen ja ilmoitusvelvollisuus laajennetaan koskemaan myös muuta terveydenhoidon henkilökuntaa (Laki ajokorttilain muuttamisesta 2018). Reliabilien työkalujen saatavuus nykyisessä terveydenhuollossamme on kuitenkin erityisesti ajokyvyn arviointia varten hyvin heikkoa.

Edellisten tutkimustulosten perusteella Ajoarvio -testiä olisi hyvä jatkokehittää. Jatkokehitystä varten testi tulisi saada sovellusmuotoiseksi nykyisen internetpohjaisuuden sijaan. Tällöin siihen saataisiin toimintavarmuutta. Ajoarvio -testistä olisi hyvä poistaa vähäistä informaatiota antavat videot ja siihen tulisi kerätä laaja normiaineisto kokeneista kuljettajista. Normiaineistoa olisi hyvä verrata myös todelliseen ajokokeeseen, jolloin sen validiteettia voitaisiin tarkastella luotettavammin ja paremmin. Normiaineiston avulla olisi hyvä tehdä vertailua erilaisiin kohderyhmiin, kuten kokemattomat kuljettajat, ikääntyneet henkilöt ja erilaiset potilasryhmät, jolloin voitaisiin varmistaa sen erottelukykyä.

Näin voitaisiin kehittää erityisesti Suomen olosuhteisiin suunniteltu Hazard perception - menetelmään perustuva testi, jolla olisi mahdollisuus helpottaa terveydenhuoltohenkilökunnan työtaakkaa. Testi kestäisi vain noin 15 minuuttia ja olisi helposti toteutettavissa perusterveydenhuollon yhteydessä, mikäli ajokykyyn liittyvä ongelmia tai epäilyksiä herää. Testi antaisi viitteitä potilaan alentuneesta ajokyvystä ja toimisi pohjatietona ja mahdollisena

laukaisijana jatkotutkimuksille. Ajatuksenahan olisi, että turvallisesti liikenteessä liikkuvat henkilöt voisivat jatkaa ajamistaan mahdollisimman pitkään turvallisessa liikenneympäristössä ja itselleen tai muille vaaraa aiheuttavat henkilöt saataisiin pois liikenteestä.

### 4.3 Yhteenveto

Ajoarvio -testin erottelukyky ja tutkimuksesta saadut aiempien tutkimusten kanssa yhtenevät tulokset ajokokemuksen ja iän vaikutuksesta testisuoriutumiseen tukevat testin kehityssuunnitelmia. Testi kykenee erottelemaan koehenkilöitä. Eri ikäiset ja erilaisen ajokokemuksen omaavat henkilöt saivat testissä erilaisia tuloksia. Ajokokemus lisää tilastollisesti merkitsevästi testimenestystä ja selkeä iän ja koepisteiden summan välinen korrelaatio on havaittavissa. Koehenkilöiden vaaratekijöiksi merkitsevät tekijät olivat yhdenmukaisia, joten koehenkilöt tulkitsivat tilanteita samalla tavalla kuin videoita valinnut työryhmä. Vaaratekijät olivat myös havaittavissa, kuten alun perin oli ajateltu. Myös HP -menetelmän idea, jonka mukaan testin tulisi mitata koehenkilön kykyä ennakoida ja havaita riskitilanteita liikenteessä, täyttyi Ajoarvio -testin kohdalla. Ajoarvio -testin avulla voidaan havaita ajokokemuksen positiivinen vaikutus riskien havaitsemiseen ja vastaavasti myös iän heikentävä vaikutus koehenkilön kykyyn havaita riskitilanteita liikenteessä. Tulokset ovat yhteneviä aiempien tutkimusten kanssa (mm. McKenna ja Crick 1991). Testivideoissa havaittu psykometrinen rakenne auttaa koehenkilöiden heikkouksien ja vahvuuksien kartoittamisessa. Sen avulla voidaan määrittää osa-alueet, joissa koehenkilöllä mahdollisesti on vaikeuksia tai vastaavasti osa-alueet, joissa koehenkilö menestyy hyvin. Rakenne auttaa myös testivideoiden jäsentämistä testiä kehitettäessä ja mahdollisesti testivideoita vaihdettaessa.

## Lähteet:

Akila, R. & Müller, K. (2002). Liikennelääketiede. Neuropsykologinen näkökulma aivojen toimintaan. Teoksessa K. Karkola, K. Müller & M. Ojala (toim.). Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, s. 18–24.

Anstey, K., Eramudugolla, R., Chopra, S., Price, J., Wood, J.M. & Bondi, M (2017). Assessment of driving safety in older adults with mild cognitive impairment. *Journal of Alzheimer's Disease*, 57, 1197-1205.

Aslaksena, P.M., Ørboa, M., Elvestada, R., Schafer, C. & Ankea, A. (2013). Prediction of on-road driving ability after traumatic brain injury and stroke. *European Journal of Neurology*. 20, 1227–1233.

Bédard, M., Parkkari, M., Weaver, B., Riendeau, J. & Dahlquist, M. (2010) Assessment of driving performance using a simulator protocol: validity and reproducibility. *The American Journal of Occupational Therapy*, 64, 336-340.

Bernaards, C. & Jennrich, R. (2005). Gradient projection algorithms and software for arbitrary rotation criteria in factor analysis. *Educational and Psychological Measurement* 65, 676–696.

Bishop, H., Biasini, F. & Stavrinos, D. (2017). Social and non-social hazard response in drivers with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 47, 905-917.

Borowsky, A., Oron-Gilad, T., Meir, A. & Parmet, Y. (2012). Drivers' perception of vulnerable road users: A hazard perception approach. *Accident Analysis and Prevention*, 44, 160–166.

Boufous, S. Ivers, R., Senserrick, T. & Stevenson, M. (2011). Attempts at the practical on-road driving test and the hazard perception test and the risk of traffic crashes in young drivers. *Traffic Injury Prevention*, 12, 475-482.

Bruce, C. Unsworth, C., Dillon, M., Tay, R., Falkmer, T., Bird, P. & Carey, L. (2017). Hazard perception skills of young drivers with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) can be improved with computer based driver training: An exploratory randomised controlled trial. *Accident Analysis and Prevention*, 109, 70-77.

Brown, L., Stern, R., Cahn-Weiner, D. & Rogers, B. (2005). Driving scenes test of the neuropsychological assessment battery (NAB) and on-road driving performance in aging and very mild dementia. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 20, 209.

Castro, C., Padilla, J., Roca, J., Benítez, I., García-Fernández, P., Estévez, B., López-Ramón, M. & Crundall, D. (2014). Development and validation of the spanish hazard perception test. *Traffic Injury Prevention*, 15, 1-10.

Chen N, Mourant R, Nie L. (2011). Understanding novice drivers' hazard perception skills. Paper presented at: ASCE Conference. <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/41177%28415%29154>

Currie, L. (1969). The perception of danger in a simulated driving task. *Ergonomics*, 12, 841- 849.

Endsley, M.R. (1995). Measurement of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37, 65-84.

Finn, P., & Bragg, B.W.E. (1986). Perception of risk of an accident by younger and older drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 18, 289-298.

Grayson, G. & Sexton, B. (2002). The development of Hazard Perception testing. TRL Report TRL 558. Crowthorne: TRL Limited.

Horswill, M., Hill, A. & Wetton, M. (2015). Can a video-based hazard perception test used for driver licensing predict crash involvement? *Accident Analysis and Prevention*, 82, 213-219.

Horswill, M. & McKenna, F. (2004). Drivers' hazard perception ability: Situation awareness on the road. Teoksessa S. Banbury & S. Tremblay (toim.). A cognitive approach to situation awareness 155-175. Aldershot, Englanti: Ashgate.

Horswill, M., Marrington, S., McCullough, C., Wood, J., Pachana, N., McWilliam, J. & Raikos, M. (2008). The Hazard Perception ability of older drivers. The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences, 63, pp. 212-218.

Jackson, L. Chapman, P. & Crundall, D. (2009). What happens next? Predicting other road users' behaviour as a function of driving experience and processing time. Ergonomics, 52, 154-164.

Laki ajokorttilain muuttamisesta 2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180387>

Li, Y. Zheng, Y., Wang, J., Kodaka, K. & Li, K. (2017). Crash probability estimation via quantifying driver hazard perception. Accident Analysis and Prevention, 116.

Lim, P. Sheppard, E. & Crundall, D. (2014). A predictive hazard perception paradigm differentiates driving experience cross-culturally. Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour, 26(PA). 210-217.

Mackenzie, A. & Harris, J. (2015). Eye movements and hazard perception in active and passive driving. Visual Cognition, 23, 1-22.

McKenna, F. & Crick, J. (1991) Experience and expertise in hazard perception G.B Grayson, J.F Lester (Eds.), Behavioral Research in Road Safety, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Englanti, 39-45.

McKenna, F. and Crick, J. (1994), Developments in hazard perception, Final Report. Department of Transport, Englanti.

McKenna, F. & Horswill, M. (1997), Differing conceptions of hazard perception, In G. B. Grayson (Ed.), Behavioural Research in Road Safety VII. Crowthorne: Transport Research Laboratory, 74-81.

McKenna, F. & Horswill, M. (1999). Hazard perception and its relevance for driver licensing. *Journal of the International Association of Traffic and Safety Sciences*, 23, 26-41.

Meir, A. Borowsky, A. & Oron-Gilad, T. (2014). Formation and evaluation of act and anticipate Hazard Perception training (AAHPT) intervention for young novice drivers. *Traffic Injury Prevention*, 15, 172-180

Mills, K.L., Hall, R.D., McDonald, M., & Rolls, G.W.P. (1998). The effects of hazard perception training on the development of novice driver skills. Report to Department. Environment, Transport & Regions

Mäntyjärvi, M. (2002a). Silmäsairaudet ja ajokyky. Teoksessa Karkola, K., Müller, K. & Ojala, M. (toim.) *Liikennelääketiede* (s.74-81). Jyväskylä: Duodecim.

Nummenmaa, L. (2009). Käyttätymistieteiden tilastolliset menetelmät (2. painos). Hämeenlinna: Tammi.

Onnettomuustietoinstituutti (OTI). Lainattu 6.1.2019. Saatavilla <http://www.lv.k.fi/fi/tilastot-ja-raportit/onnettomuuksien-tutkinnan-raportit/>

Owsley, C. (2011). Aging and vision. *Vision Research*, 51, 1610-1622.

Patomella, A. H., Tham, K., Johansson, K., & Kottorp, A. (2010). P-Drive on-road: Internal scale validity and reliability of an assessment of on-road driving performance in people with neurological disorders. *Scandinavian Journal of Occupational Therapy*, 17, 86–93.

Pelz, D. & Krupat, E. (1974). Caution profile and driving record of undergraduate males. *Accident Analysis and Prevention*, 6: 45–58.



Petzoldt, T., Weiß, T., Franke, T., Krems, J. & Bannert, M. (2013). Can driver education be improved by computer based training of cognitive skills? *Accident Analysis and Prevention*, 50, pp. 1185-1192.

Preece, M., Horswill, M. & Geffen, G. (2010). Assessment of drivers' ability to anticipate traffic hazards after traumatic brain injury. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 82, 447-451

Rajalin, S. & Keskinen, E. (2002). Ihmisen liikennekäyttäytyminen. Teoksessa Karkola, K., Müller, K. & Ojala, M. (toim.) *Liikennelääketiede* (s. 12-14). Jyväskylä: Duodecim.

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Revelle, W. (2018) psych: Procedures for personality and psychological research, Northwestern University, Evanston, Illinois, USA, <https://CRAN.R-project.org/package=psych> Version = 1.8.4.

Sagberg F., Bjørnskau T. (2006) Hazard perception and driving experience among novice drivers. A hazard perception test for novice drivers. *Accid Anal Prev.* 38, 407–414.

Scialfa, C. T., Pereverseff, R. S., & Borkenhagen, D. (2014). Short-term reliability of a brief hazard perception test. *Accident Analysis & Prevention*, 73, 41–46.

Sheppard, E., Ropar, D., Underwood, G. & Van Loon, E. (2010). Brief report: Driving Hazard Perception in Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40, 504-508.

Seong-Youl, C., Jae-Shin, L. & A-Young, S. (2014). Cognitive test to forecast unsafe driving in older drivers: Meta-analysis. *NeuroRehabilitation*, 35, 771-778.

Soliday, S.M. (1975). Development and preliminary testing of a driving hazard questionnaire. *Perceptual & Motor Skills*, 41, 763-770.

Tūskė, V. Šeibokaitė, L., Endriulaitienė, A. & Lehtonen, E. (2018). Hazard perception test development for Lithuanian drivers. IATSS Research.

Underwood, G., Humphrey, K. & van Loon, E. (2011). Decisions about objects in real-world scenes are influenced by visual saliency before and during their inspection. *Vision Research*, 51, pp. 2031-2038

Underwood, G., Phelps, N., Wright, C., van Loon, E. & Galpin, A. (2005). Eye fixation scanpaths of younger and older drivers in a hazard perception task. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 25, 346-356.

Watts, G. & Quimby, A. (1979). Design and validation of a driving simulator for use in perceptual studies, Report 907, Crowthorne, England: Transport Research Laboratory.

Wetton, M. Hill, A. & Horswill, M. (2011). The development and validation of a Hazard Perception test for use in driver licensing. *Accident Analysis and Prevention*, 43, 1759-1770.

Ābele, L., Haustein, S., Møller, M. & Martinussen, L. (2018). Consistency between subjectively and objectively measured hazard perception skills among young male drivers. *Accident Analysis and Prevention*, 118, 214-220.